

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE DE TLEMCCEN



Faculté des Sciences Economiques, de Gestion
& des Sciences Commerciales

MEMOIRE POUR L'OBTENTION
DU

DIPLOME DE MAGISTER

SPECIALITE GESTION DES OPERATIONS ET DE LA PRODUCTION

THEME

**MODELES DE GESTION
DE
LA DISTRIBUTION
DES
PRODUITS PETROLIERS**

ETUDE DE CAS : COGIZ SPA

PRESENTE PAR : MALTI MOHAMMED NASSIM REDJEB

MEMBRES DU JURY

DIRECTEUR DE RECHERCHE : PR. BELMOKADDEM MUSTAPHA / UNIVERSITE DE TLEMCCEN

PRESIDENT : PR. CHAIB BAGHDAD / UNIVERSITE DE TLEMCCEN

EXAMINATEURS : PR. TCHOUAR KHEIREDDINE / UNIVERSITE DE TLEMCCEN
PR. OMAR BELKHIR DJAOUED / UNIVERSITE DE SAIDA

ANNEE UNIVERSITAIRE 2021/2022

REMERCIEMENT

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma reconnaissance au directeur de ce mémoire, Professeur BELMOKADDEM Mustapha, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je désire aussi remercier les professeurs de l'université de Tlemcen, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mes parents qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Je tiens à remercier spécialement ma femme, qui m'a guidé à terminer mon mémoire.

Résumé :

Distribuer les bonnes quantités de produits, aux bons endroits et au bon moment avec le minimum des coûts, constitue un problème major en général pour de nombreuses entreprises et en particulier pour l'industrie des hydrocarbures car les coûts de distribution physique (transport et stock) représentent une grande partie du coût total. Il est donc important de mettre en évidence les processus d'optimisation de la distribution physique des produits pétroliers.

Dans notre travail de recherche nous nous sommes intéressés aux modèles de gestion de la distribution des produits pétroliers et au problème d'optimisation de la distribution physique. A cet effet, nous nous sommes intéressés à l'optimisation appliquée au transport routier pour l'Azote Liquide et aux commandes en matière de gestion des stocks pour l'Hélium Liquide, qui sont produits par la Société COGIZ-SPA (filiale de Sonatrach). Ceci nous a permis de conclure qu'effectivement les modèles de gestion de la distribution des produits pétroliers peuvent faire l'objet d'une optimisation des coûts.

Mots clés :

Distribution, Distribution Physique, Modèles de Gestion, Transport, Stock, Coûts, Optimisation, Produits Pétroliers.

Abstract:

Distributing the right quantities of products, in the right places and at the right time with the minimum of costs, constitutes a major problem in general for many companies and in particular for the hydrocarbons industry because the costs of physical distribution (transport and stock) represent a large share of the total cost. It is therefore important to highlight the processes for optimizing the physical distribution of petroleum products.

In our research work we are interested in the management models of the distribution of petroleum products and the problem of optimization in the physical distribution. To this end, we were interested in the optimization applied to road transport for Liquid Nitrogen and to orders in terms of inventory management for Liquid Helium, which are produced by the Company COGIZ-SPA (subsidiary of Sonatrach). This allowed us to conclude that indeed the management models for the distribution of petroleum products can be subject to cost optimization.

Keywords:

Distribution, Physical Distribution, Management Models, Transport, Stock, Costs, Optimization, Petroleum Products.

المخلص

يمثل توزيع الكميات المناسبة من المنتجات ، في الأماكن المناسبة وفي الوقت المناسب وبأقل التكاليف ، مشكلة كبيرة بشكل عام للعديد من الشركات وخاصة لصناعة الهيدروكربونات لأن تكاليف التوزيع المادي (النقل والمخزون) تمثل حصة كبيرة من التكلفة الإجمالية. لذلك من المهم تسليط الضوء على العمليات الخاصة بإيجاد الحل الأمثل للتوزيع المادي للمنتجات البترولية

نحن مهتمون في عملنا البحثي بنماذج إدارة توزيع المنتجات البترولية ومشكلة اختيار الحل الأمثل في التوزيع المادي

تحقيقاً لهذه الغاية ، كنا مهتمين بالتحسين المطبق على النقل البري للنيتروجين والسائل وللطلبات من حيث إدارة المخزون للهيليوم السائل ، والتي تنتجها الشركة

COGIZ-SPA (التابعة لشركة) Sonatrach)

سمح لنا ذلك باستنتاج أن نماذج الإدارة لتوزيع المنتجات البترولية يمكن أن تخضع لاختيار الحل الأمثل التكلفة .

كلمات مفتاحية

التوزيع ، التوزيع المادي ، نماذج الإدارة ، النقل ، المخزون ، التكاليف ، إيجاد الحل الأمثل ، المنتجات البترولية

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES

Introduction Générale	1
Chapitre –I : Généralités sur la Distribution	
Introduction	8
I-1- Le Rôle Economique de la Distribution	9
I-2- Définitions	10
I-3- Le Circuit de Distribution	11
I-3-1 L'utilité des Intermédiaires	13
I-3-2 Les effets négatifs des intermédiaires	15
I-3-3 La distribution comme composante de la chaîne d'approvisionnement et du réseau de partenaire	15
I-4- Les Fonctions de la Distribution	16
I-4-1- La Distribution Physique ou la logistique	16
I-4-1-1 La fonction de Transport	17
I-4-1-2 La fonction d'allotissement et d'assortiment	18
I-4-1-3 La fonction de Stockage	19
I-4-2- Les Fonctions Services	20
I-4-2-1 Les Services Matériels	20
I-4-2-2 Les Services de la fonction communication	21
I-5- Les Flux de la Distribution	22
I-6- La Distribution des Services	23
I-7- Les Stratégies de Distribution	24
I-7-1- La Distribution Intensive ou de Masse	24
I-7-2- La Distribution Sélective	24
I-7-3- La Distribution Exclusive	25
I-8- La Rémunération de la Distribution	25
I-8-1- Les Coûts de Distribution	25
I-8-2- Les Difficultés de l'Analyse Comptable	26
I-8-3- Les Différentes Natures de Coûts	27
I-8-4- La Relation entre les Coûts et le Prix de Vente	29
Conclusion	30
Chapitre –II- : Modèles de Gestion de Transport	
Introduction	32
II-1- Le Transport	32
II-1-1 Les modes de transport	33
II-1-2 Les coûts du transport et la programmation linéaire	34

II-1-2-1 L'optimisation des coûts de transport et la Programmation Linéaire	34
II-1-2-2 Caractéristique des problèmes de transport	35
II-1-2-3 Modalités d'application de la méthode de transport (stepping-stone)	37
II-2 La théorie des graphes	47
II-2-1 Quelques Définitions	48
II-2-2 Application Des Graphes Dans Les Problèmes De Transport	50
II-2-3 La Programmation Dynamique Et La Détermination Du Chemin Optimal	51
II-2-3-1 Recherche d'un chemin de valeur maximale dans un graphe	52
II-2-3-2 Recherche d'un chemin de valeur minimale dans un graphe	53
II-2-4 Problèmes de Flot Optimal dans un réseau de transport	55
II-2-4-1 Flot de valeur maximale – Algorithme de Ford-Fulkerson	56
II-2-4-2 Flot de coût minimum	62
Conclusion	66

Chapitre –III- : Modèles de Gestion des Stocks

Introduction	68
III-1- Le Stock et ses Fonctions	68
III-2- Modèles de Gestion des Stocks	71
III-2-1 Gestion de Commande sur seuil	72
III-2-2 Gestion de Commande périodique	74
III-2-3 Gestion périodique par lots de commande	75
III-3 Les Systèmes Mixtes	77
III-3-1 Gestion périodique et point de commande	78
III-3-2 Gestion périodique avec seuil de commande	79
III-3-3 Les Quantités de la Gestion à point de commande périodique	80
III-4 Les Coûts de Stockage	80
III-4-1 Quantité Economique à Commander (QEC)	83
III-4-2 QEC avec approvisionnement périodique	85
III-4-3 QEC avec escompte de quantité	87
III-4-4 L'établissement des points de commande (Seuil)	90
III-4-5 Intervalle optimal de commande dans un système d'approvisionnement périodique	91
III-4 Le Stockage et le magasinage	93
Conclusion	94

Chapitre -IV- : La Distribution des Produits Pétroliers

Introduction	95
IV-1 L'Origine du pétrole et sa formation	96

IV-2	Les Réserves	98
IV-3	L'Exploration	100
IV-4	Exploitation – Extraction	101
IV-5	L'offre Et La Demande Du Pétrole	102
IV-6	Evolution Du Prix De Pétrole	105
IV-7	Chocs et contre-chocs pétroliers depuis 1973	106
IV-8	Le Transport du Pétrole Brut	109
IV-9	Le Transport Du Gaz Naturel	111
IV-10	Le Stockage Du Pétrole Brut Et Du Gaz Naturel	114
IV-11	Le Raffinage	115
IV-12	La Distribution des Produits Pétroliers Finis	120
IV-13	Les principaux moyens de distribution	121
	Conclusion	122

Chapitre -V- : Modèle de gestion de la distribution au sein de la Société COGIZ SPA

	Introduction	123
V-1	Présentation de la société « COGIZ SPA » et de ses produits	123
V-2	La Distribution Au Sein De COGIZ-SPA	127
V-3	Application des modèles étudiés	134
V-3-1	Application Du Modèle De Transport	135
V-3-2	Application Du Modèle de La Gestion des Stocks	143
	Conclusion	146
	Conclusion Générale	147
	Liste des figures	151
	Liste des graphes	152
	Liste des Tableaux	153

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

	N°	Intitulé	Page
Chapitre IV	4.1	Trafic Pétrolier	110
	4.2	Capacité de traitement du pétrole brut et condensat des raffineries en Algérie	118
Chapitre V	5.1	Chiffre d'affaires Annuel (KDA) de la Société COGIZ-SPA	132
	5.2	Les ventes nationales pour les deux produits (Azote & Hélium) par secteur d'activité	133
	5.3	Les ventes de l'hélium au niveau national et international	134
	5.4	Les ventes de l'Azote liquide en quantités pour le mois de mars 2022	136
	5.5	Les tarifs pour le transport de l'Azote liquide pour chaque zone	137
	5.6	Simulations pour déterminer le coût de passation de commande et le coût de possession en fonction des quantités	146

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

	N°	Intitulé	Page
Chapitre I	1.1	Les différents circuits de distribution	12
	1.2.1	Liens commerciaux entre 3 producteurs et 5 consommateurs	14
	1.2.2	Liens commerciaux entre 3 producteurs et 5 consommateurs avec intermédiaire	15
	1.3	Relation entre le niveau de service client et le coût	21
	1.4	Les cinq flux de la distribution	23
	1.5	Les différentes natures de coûts	28
	1.6	Constitution d'un prix de vente	30
Chapitre III	3.1	Le Stock est un réservoir	69
	3.2	Gestion de commande sur seuil avec quantité fixe et date variable	73
	3.3	Gestion de commande périodique avec quantité commandée variable et date fixe	74
	3.4	Gestion Périodique par lots de commande	76
	3.5	Gestion périodique et point de commande	78
	3.6	Gestion à point de commande périodique	79
	3.7	Equilibrage des coûts de maintien en stock et des coûts de commande et de rupture de stock – Modèle de Wilson	82
Chapitre IV	4.1	Etapes de la formation du pétrole et quelques exemples de pièges	97
	4.2	Flux commerciaux du pétrole dans le monde (millions de tonnes) 2020	109
	4.3	Flux commerciaux du gaz naturel dans le monde (milliards de m3) 2020	113
	4.4	Schéma de principe d'une raffinerie simple	116
	4.5	Tour de distillation atmosphérique	117
	4.6	Etapes traitement du Gaz Naturel	119
Chapitre V	5.1	Processus de récupération et de conditionnement de l'Azote	125
	5.2	Processus de récupération et de conditionnement de l'Hélium	126

LISTE DES GRAPHS

LISTE DES GRAPHES

	N°	Intitulé	Page
Chapitre IV	4.1.1	Part des régions dans les réserves mondiales prouvées de pétrole	99
	4.1.2	Part des régions dans les réserves mondiales prouvées du gaz naturel	100
	4.2	Consommation énergétique mondiale, en térawatts-heures (TWh), de 1965 à 2018 (pétrole, charbon, gaz naturel, hydraulique, nucléaire, autres renouvelables)	103
	4.3	Production et consommation mondiales (en milliers de barils par jour, 1993 - 2019)	104
	4.4	Evolution du prix du baril en dollars depuis 1861 à 2020	105
Chapitre V	5.1	Evolution Des Ventes Par Produits	132

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dans la plupart des marchés, l'éloignement physique entre producteurs et acheteurs est tel que le recours à la distribution est nécessaire pour permettre une rencontre efficace entre l'offre et la demande. Pour créer de la valeur, il faut disposer d'une distribution performante afin que les produits et services soient à la portée des clients visés. L'analyse de la distribution intègre toute la chaîne d'approvisionnement en amont et en aval, depuis les matières premières et les composants jusqu'à la livraison aux clients finaux.

Préoccupé par la non-disponibilité des ressources (matières premières, charbon, pétrole, eau ...), ainsi que la maîtrise des coûts d'approvisionnement des ressources, les gestionnaires se voient forcés de trouver des moyens et des méthodes plus efficaces pour faciliter l'utilisation des ressources pour assurer un stock de produits et marchandises régulier, d'où l'importance d'améliorer la chaîne d'approvisionnement et donc la logistique et la distribution.

La distribution occupe un large spectre d'actions qui permettent à une entreprise d'améliorer sa compétitivité. En ce sens, le processus de la chaîne d'approvisionnement est au centre de l'attention, mais il semble parfois ingérable. La chaîne d'approvisionnement est un processus, composé d'une série d'activités et d'actions qui traitent de la vente d'un produit.

La gestion de la chaîne d'approvisionnement est un ensemble d'approches utilisées pour intégrer efficacement les fournisseurs, les entrepôts, les distributeurs, les détaillants et les clients de manière à produire et à distribuer les bonnes quantités de produits, aux bons endroits et au bon moment pour réduire les coûts inhérents à l'ensemble du système, tout en rencontrant les niveaux de services désirés par les clients.

Pour améliorer la chaîne d'approvisionnement, il est important de mettre en évidence les processus de distribution. D'une part, la Gestion et l'Optimisation des stocks qui permettront d'adapter la demande du produit et assurer sa disponibilité et de permettre à l'entreprise d'économiser des sommes importantes. D'autre part, l'optimisation du transport dans la chaîne de distribution.

Par ailleurs, dans l'économie et l'industrie pétrolière (comme dans l'économie en général) la distribution est une phase qui comprend l'ensemble

des opérations pour l’approvisionnement et la mise en place des produits à partir des puits de pétrole jusqu’aux raffineries quand il s’agit de pétrole brut, et à partir des raffineries jusqu’aux points de vente quand il s’agit des produits pétroliers finis.

Au cours des deux dernières décennies, le boom des hydrocarbures a permis à l’Algérie de progresser sur le plan du développement économique et humain. En 2008, le pays avait apuré sa dette multilatérale, investi dans des projets d’infrastructures propices à la croissance économique et mis en place des politiques sociales à caractère distributif qui ont contribué à faire reculer la pauvreté et à fortement améliorer les résultats obtenus pour les indicateurs du développement humain.

Le secteur des hydrocarbures est par excellence le pilier de l’économie algérienne (l’Algérie possède environ 1 % des réserves mondiales de pétrole et 3 % de gaz). La production des hydrocarbures joue un rôle prépondérant dans l’économie de l’Algérie car le pays s’est appuyé sur ses ressources en pétrole et en gaz pour bâtir son économie, mais en contrepartie, il a négligé son système productif, qui n’a pas pu se développer.

La question de distribution est un point névralgique concernant les hydrocarbures pour deux raisons, l’une est que le pétrole est un produit unique dans la vie industrielle car le volume des produits finis sortant de la raffinerie est presque le même que celui du brut à la sortie des puits, tandis que dans les autres grandes industries extractives dans la plupart des cas, on constate la réduction progressive des quantités à transporter.

L’autre raison pour laquelle la distribution constitue un problème particulièrement intéressant pour le pétrole, est que le coût de transport représente une grande part du coût total du prix de pétrole, cela est dû à la nécessité de transporter une grande partie du brut sur de grandes distances, car le brut est trouvé là où il n’y a pas de consommation. En plus, le problème de transport du brut nécessite l’installation des stockages et des moyens spécialisés de transport comme les pipe-lines ou les oléoducs et les navires.¹

Pour les produits finis si les distances à parcourir sont moins grandes, la dispersion des consommateurs finals et la diversité des produits à transporter posent d’autres problèmes. Il faut ravitailler des marchés en très faible importance unitaire en produits tantôt solides (bitume), tantôt liquides (fuel, essence), tantôt gazeux ou liquéfiés. Chacun de ces produits correspond à des normes particulières, et il ne peut être question de les transporter ou de les stocker dans les mêmes récipients. Dès lors les moyens utilisés pour le transport

¹ MASSERON J., « L’ECONOMIE DES HYDROCARBURES », EDITION TECHNIP, Paris, 1991, p : 167

des produits finis seront, en plus des navires et des oléoducs, il y a aussi les citernes et les camions, ces derniers étant les seuls à permettre un éclatement réel de la distribution au niveau du consommateur final.

Actuellement dans le monde, le rôle de la distribution des produits pétroliers finis est considéré très important car celui qui contrôle le marché peut d'une manière ou d'une autre se procurer le brut et la capacité de raffinage. Dans ce cas l'intégration qui commence par la distribution devrait être plus facile que l'intégration qui commence au brut, passe par le raffinage et arrive à la distribution.

En plus de l'importance de son rôle, la distribution est le maillon le plus difficile à gérer de l'ensemble de la chaîne pétrolière, c'est le domaine qui fait l'objet du plus important investissement intellectuel car c'est l'activité qui requiert le plus de fonctionnels, comme l'a noté 'A. Sauvy' : « tandis qu'il faut de moins en moins d'heure de travail pour produire un objet, il faut de plus en plus de personnel pour le vendre ». ²

Aussi, pour la valorisation de la fonction de distribution par rapport aux autres fonctions de l'entreprise, on constate que l'intervalle des coûts de distribution est beaucoup plus large que celui des coûts techniques, certaines estimations ont montré que la distribution absorbe, pour une société pétrolière intégrée, près du tiers des dépenses totales et représente par exemple le double ou plus des dépenses de raffinage. ³

Il devient très difficile et complexe lorsqu'il s'agit de faire la distribution au moindre coût à cause de : la dispersion des consommateurs sur le territoire, problème de la variété des produits et leurs nombreuses spécifications, les fluctuations saisonnières, le tonnage extrêmement variables depuis le litre jusqu'au millier de mètres cubes, la plupart des produits sont liquides, il y en a qui sont gazeux et autres solides et que presque tous sont inflammables ou présentent des risques d'explosion. Tous ces paramètres font que les charges de la distribution soient élevées, d'où l'économie de cette dernière soulève alors plusieurs problèmes tels que le contrôle, l'organisation, l'optimisation, ...

Concernant le contrôle, il est opportun de citer la réflexion de Pierre Wack « En matière de distribution, il n'y a probablement pas de solution optimale que l'on puisse déterminer avec certitude à l'avance, ce qui permettrait un calcul a priori et de centraliser les moyens à mettre en œuvre comme par exemple, on peut le faire en matière de raffinage où il s'agit de minimiser les coûts pour une

² SAUVY A., « PROBLEMES GENERAUX DE LA DISTRIBUTION DES PRODUITS PETROLIERS », collection colloques et séminaires, publication IFP, 1969, p : 7

³ MASSERON J., « L'ECONOMIE DES HYDROCARBURES », EDITION TECHNIP, Paris, 1991, p. 167

demande donnée. Dans la distribution, il n'est pas possible de connaître, à l'avance, l'optimum dans le détail propre des opérations de distribution, d'où la nécessité d'une décentralisation »⁴. L'auteur ajoute, par ailleurs, qu'un système décentralisé est plus efficace qu'un système centralisé.

L'organisation ou la réorganisation d'un système de distribution physique d'une entreprise nécessite une étude qui peut être longue et complexe. Mais les résultats seraient généralement en rapport avec les efforts fournis.

Les modèles de gestion de la distribution se sont bien développés pendant ces dernières décennies, vue l'immense rôle qu'elles jouent dans la chaîne logistique.

Parmi les études antérieures qui ont traité les modèles de gestion de la distribution, nous retrouvons Beamon⁵ ; Min et Zhou⁶; et Labarthe⁷. Selon ces auteurs, il existe principalement trois grandes classes de modélisation de la distribution :

1. Modèles de Gestion Organisationnels : représentent la distribution à partir de ses entités, ses activités, ses processus, ses fonctions, sa structure et son comportement. Les principales approches qui découlent de ce modèle sont les approches hiérarchiques entre les différents intermédiaires dans les différents canaux de distribution. Ces modèles ont été traités dans les travaux de recherche de VOLLE⁸
2. Modèles analytiques : plusieurs auteurs se sont intéressés aux modèles analytiques dans la modélisation de la distribution tels que : STEENKAMP et TER HOFSTEDE⁹ ; KRAUTH et al¹⁰ ; AYERS¹¹ ; PANDA¹². Les modèles analytiques représentent la distribution selon une

⁴ WACK P., cité par Achour Bouakaz Bachir, L'OPTIMISATION DE LA FONCTION DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION CAS DE DISTRICT GPL Alger, mémoire pour l'obtention du diplôme de magistère techniques quantitatives option planification, université d'Alger, juin 1986, p : 17

⁵ BEAMON B. M., Supply Chain design and analysis: Models and methods, International Journal of Production Economics, Vol. 55, No 3, 1998, pp : 281-294

⁶ MIN H. & ZHOU G., Supply Chain Modeling: past, present and futur, Computers and Industrial Engineering, Vol. 43, 2002, pp : 231-249

⁷ LABARTHE O., Modélisation et simulation orientées agents de chaînes logistiques dans un contexte de personnalisation de masse : Modèles et Cadre Méthodologique, Thèse de Doctorat en cotutelle : Informatique et Sciences de l'Administration, Université Laval Québec et Université Paul Cézanne Marseille, 2006

⁸ VOLLE P. et al, Les business modèles dans la distribution, Revue française de gestion, Lavoisier Paris, 2008

⁹ STEENKAMP J.B.E. et TER HOFSTEDE F., "International market segmentation: issues and perspectives". International Journal of Research in Marketing, 19,3 (2002)

¹⁰ KRAUTH E et al, "Performance Measurement and Control in Logistics Service Providing". In 7th International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS'05, Miami - USA, 24 - 28 mai 2005

¹¹ AYERS J., "Handbook of Supply Chain Management" 2nd Edition. Boca Raton, FL, USA, 2006

¹² PANDA S., "Coordination and profit sharing in a supply chain through compensation on disposal cost". International Journal of Operational Research, 2016

perspective quantitative. Ils permettent de décrire le système par un ensemble d'équations mathématiques. Les principales approches qui découlent de ce modèle sont celles liées à l'optimisation.

3. Modèles basés sur la simulation : sont généralement utilisés lorsqu'il n'existe pas une relation entre les différentes variables du système et ne pouvant donc pas se mettre sous la forme d'un modèle analytique. Parmi les travaux de recherche nous citons EDDOUG & SAAD¹³ où ils ont traité l'Optimisation conjointe des coûts de transport et de stock dans une chaîne logistique de distribution multi niveaux : Une approche basée sur la simulation.
4. Nous retrouvons aussi les travaux de NWAOGBE O. et OMOKE V.¹⁴ qui se sont intéressés dans leur recherche à la minimisation des coûts de transbordement des produits pour la gestion de la distribution physique et où ils ont conclu que la minimisation des coûts est une approche très utile pour résoudre les problèmes de transport.
5. Nous citons aussi les travaux de BESSID S. et autres¹⁵ à travers l'Etude des problèmes d'application des méthodes scientifiques formelles : cas de l'optimisation des coûts de stockage et de transport dans la chaîne de distribution où ils ont conclu que La réduction de ces coûts logistiques est l'un des leviers de la compétitivité qui assure la survie des entreprises.

Dans notre travail de recherche nous nous sommes particulièrement intéressés au modèle analytique, car il se trouve que des économies de l'ordre de 5 à 20% pourraient être réalisées sur les coûts de distribution, ces proportions font ressortir le problème d'optimisation dans la distribution. Ainsi, notre mémoire a pour objectif de répondre à la problématique suivante :

Les modèles de gestion de la distribution des produits pétroliers dans le cas de la société COGIZ SPA peuvent-ils faire objet d'optimisation des coûts ?

¹³ EDDOUG K., SAÂD L. E., Optimisation conjointe des coûts de transport et de stock dans une chaîne logistique de distribution multi niveaux, Une approche basée sur la simulation. Xème Conférence Internationale : Conception et Production Intégrées, Dec 2015

¹⁴ NWAOGBE O. et OMOKE V., « COST MINIMISATION OF PRODUCT TRANSHIPMENT FOR PHYSICAL DISTRIBUTION MANAGEMENT », Article in Journal of Transport and Supply Chain Management · May 2013, DOI: 10.4102/jtscm.v7i1.94

¹⁵ BESSID S. et autres, « ETUDE DES PROBLEMES D'APPLICATION DES METHODES SCIENTIFIQUES FORMELLES : CAS DE L'OPTIMISATION DES COUTS DE STOCKAGE ET DE TRANSPORT DANS LA CHAINE DE DISTRIBUTION », Conference Paper · May 2016, Conference: 9e édition du Colloque International LOGISTIQUE At: Berrechid – Casablanca – Maroc Volume: La logistique au service du développement économique, édité par C. Okar, F. Jawab et R. Chrouki, pp 380-398, ISBN : 978-9954-37-759-8

Afin de répondre à cette problématique, nous nous sommes intéressés de façon particulière à l'idée d'optimisation appliquée au transport routier et aux commandes en matière de gestion des stocks des produits pétroliers. Le transport et le stockage sont justement les deux principales fonctions de la distribution physique.

En effet, le transport routier constitue généralement le seul moyen de transport utilisable dans la phase ultime de la distribution pour la livraison aux consommateurs. Les distributeurs réduisent leurs coûts de livraison, en utilisant des techniques mathématiques comme la programmation linéaire et heuristique ou des modèles de transport.¹⁶

Le stockage est une fonction complémentaire au transport en assurant une fonction de sécurité, une gestion optimale des stocks vise à posséder un stock suffisant pour éviter les ruptures de stocks tout en cherchant à minimiser le montant du stock en raison du coût de possession qu'il génère.¹⁷

A travers ce mémoire, nous analysons les modèles de gestion de la distribution des produits pétroliers en faisant appel à une méthodologie descriptive et analytique. Nous avons scindé notre travail en deux parties : une partie théorique qui a pour intitulé approche théorique des modèles de gestion de la distribution et une deuxième partie empirique.

La première partie théorique de notre mémoire se compose de trois chapitres, à savoir :

Le premier chapitre « Généralités sur la Distribution » traite le rôle économique de la distribution, les réseaux de distribution, les fonctions de la distribution, les flux qui peuvent subsister dans un système de distribution et une analyse des coûts de la distribution.

Le chapitre deux « Modèles de gestion de Transport » présente quelques modèles de gestion concernant le Transport, en premier, nous exposons un aperçu de la relation entre les problèmes de transport et la programmation linéaire, les caractéristiques des problèmes de transport et ses modalités d'application. Par la suite nous présentons la théorie des graphes et ses applications.

¹⁶ SIMON Y. et JOFFRE P., « ENCYCLOPEDIE DE GESTION », 2eme édition, ECONOMICA, Paris, 1997, p : 273

¹⁷ DEBOURG M. C. et autres, « PRATIQUE DU MARKETING », 2eme édition, BERTI EDITIONS, Paris, 2004, page 451 – 452

Le troisième chapitre « Modèles de gestion des stocks » est consacré à la description de quelques modèles de gestion des stocks en matière d'approvisionnement et de passation de commande. Nous présentons également dans ce chapitre le processus de définition de la quantité optimale à commander et le moment de passer une commande ainsi que les coûts de stockage.

La deuxième partie empirique de notre travail se répartie en deux chapitres :

Le chapitre quatre « La Distribution des produits pétroliers » s'intéresse dans un premier temps à : l'origine du pétrole et sa formation, l'état des réserves du pétrole brut dans le monde, les méthodes d'exploration, exploitation et extraction du pétrole brut. Dans un second temps, nous présentons les moyens mis en œuvre pour le transport du pétrole jusqu'aux raffineries, puis les étapes de raffinage simple, et finalement nous donnons un aperçu sur les modes de distribution des produits pétroliers finis.

Le cinquième chapitre « Modèle de gestion de la distribution au sein de la Société COGIZ SPA » représente une étude de cas dans la société COGIZ SPA, où nous avons tenté d'analyser dans quelle mesure cette société applique un modèle de gestion de la distribution (transport et stock) qui permet l'optimisation des coûts.

Dans ce chapitre, nous donnons un aperçu général sur la société COGIZ SPA (Historique, Organisation, produits, clients ...). Puis nous nous intéressons aux fonctions et au modèle de gestion de distribution au niveau de la Société COGIZ SPA. Et enfin, nous analysons dans quelle mesure l'application des modèles de gestion de la distribution au sein de la société COGIZ SPA peut améliorer l'optimisation des coûts.

PARTIE THÉORIQUE
APPROCHE THÉORIQUE
DES MODÈLES
DE GESTION DE LA DISTRIBUTION

CHAPITRE -I-

I- CHAPITRE I - GENERALITE SUR LA DISTRIBUTION -

INTRODUCTION :

Jusqu'aux années 50, les termes de commerce et de distribution pouvaient être employés concurremment pour désigner l'ensemble des opérations effectuées entre la production d'un bien et sa consommation. Si l'on regarde l'évolution avec l'œil de l'historien, il apparaît clairement que dès lors que la production s'industrialise, elle se concentre et s'éloigne de son marché naturel. C'est là qu'apparaît alors une nouvelle fonction, celle de la distribution. ¹

L'ensemble des actions mises en œuvre pour la commercialisation et à mettre le produit ou le service à disposition du client sont illustré par la distribution. La distribution, maillon intermédiaire de la chaîne production-consommation joue un rôle très important dans la détermination des prix et dans l'évolution de la consommation. ²

La distribution est un domaine très vaste dans lequel les problèmes "matériels" de l'acheminement de la production à la consommation prennent deux aspects :

- Les problèmes de localisation tels que la détermination de la meilleure implantation possible de dépôts, d'usines, de points intermédiaires de stockage etc., compte tenu d'un certain nombre de critères.
- Les problèmes de transport : les points clés de la distribution étant positionnés, il s'agit de transporter dans les meilleures conditions (minimisation du coût et des délais, et satisfaction des consommateurs) les produits des points de production aux points de consommation (ou vice-versa; on remarquera que le problème de transport est le même, qu'il s'agisse de livraisons ou de collectes ou ramassages).

A travers ce chapitre, nous tentons de donner un aperçu sur le rôle économique de la distribution, les réseaux de distribution, ses fonctions, les flux qui peuvent subsister dans un système de distribution et un aperçu des coûts de la distribution.

¹ TRACOL P. C., « LES CANAUX DE DISTRIBUTION », Editions DUNOD, Paris, 1972, p : 3

² VASSEROT J. P., « METHODES DE RESOLUTION ET D'OPTIMISATION POUR LES PROBLEMES DE TOURNEES », thèse de doctorat, Université de Paris VII, 1976, p : 1

I-1- LE ROLE ECONOMIQUE DE LA DISTRIBUTION :

Le rôle de la distribution est de réduire les disparités qui existent entre les endroits et les moments de fabrication d'une part, et de la consommation d'une autre part.

Dans la plupart des marchés, l'éloignement physique entre producteurs et acheteurs est tel que le recours à la distribution est nécessaire pour permettre une rencontre efficace entre l'offre et la demande. En d'autres termes, les consommateurs sont généralement éloignés des lieux de production et ils souhaitent procéder à leurs achats de la manière la plus commode :¹

- Trouver dans un même lieu, rapproché, des biens liés par un besoin précis : alimentation courante, équipement de la maison, désir d'offrir un cadeau ;
- Dans des quantités qui leur conviennent : une bouteille de gaz, cent vis à bois, 20 kg de pomme de terre ;
- Au moment adéquat : chemise demi manche en juin, veste en janvier ;
- Avec éventuellement des conseils pour être éclairer.

La distribution est un véritable système qui permet d'effectuer toutes ces tâches.

Le succès d'un produit ou d'un service dépend également de sa disponibilité, ce en quoi la distribution est un maillon essentiel dans la chaîne relationnelle reliant producteur et consommateur final, JORG REHORN, résume l'importance de la distribution comme suit : « Certes, la distribution est un moyen de commercialisation cher, mais la non distribution ou la distribution imparfaite sont encore beaucoup plus onéreuses, puisque tout effort est vain ; il est impossible d'acheter un produit non distribué » (Marketing – Journal 5/1996).²

Enfin, les coûts de distribution sont importants : ils peuvent représenter 30 à 50 % du prix de vente final, parfois davantage.³

¹ OLMI A. et JULY F., « LA REDUCTION DES COUTS DE LA DISTRIBUTION PAR LA RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions EYROLLES ET Editions D'ORGANISATION, Paris, 1971, p : 15

² BAUMANN M., « LES 199 CHECK-LISTS DU MARKETING », Editions D'ORGANISATION IFAM France, Paris, 2000, p : 150

³ KOTLER P. & KELLER K., "MARKETING MANAGEMENT" 15e edition, published by Pearson Education Inc, Paris, 2016, p: 553

I-2- DEFINITIONS :

Plusieurs définitions ont été données à la distribution, parmi ces définitions nous citons :

- Distribuer, c'est mettre les produits en état de lieu, d'époque et de quantité propice à la consommation à la disposition des consommateurs dans des conditions conformes à leurs besoins. ¹
- OLMI et JULY, AVRIL proposent la définition suivante :²

Distribuer c'est amener un produit de son état distributif de production à son état distributif de consommation, l'état distributif d'un produit étant caractérisé par quatre éléments :

- a) Etat de lieu, c'est à dire le lieu où le produit se trouve, défini d'une façon précise,
 - b) Etat de lot, c'est à dire la quantité de marchandises, de même spécification qui se trouve sur le lieu où le produit est étudié, on parlera d'état de série s'il s'agit d'objets industriels,
 - c) Etat d'assortiment, qui désigne les autres marchandises offertes, et vendues en même temps et au même lieu que le produit étudié,
 - d) Etat d'époque, caractérisé par une date qui désigne l'époque à laquelle l'état est considéré.
- La distribution comprend toutes les décisions et activités traçant le chemin que parcourt le produit du producteur jusqu'au consommateur final.³
 - Concrètement la distribution a pour finalité de faire passer des produits ou des services du stade de la production à celui de la consommation, le terme « consommation » signifiant tout aussi bien l'utilisation par un professionnel du produit ou du service, la fonction de distribution est née

¹ TRACOL P. C., « LES CANAUX DE DISTRIBUTION », Editions DUNOD, Paris, 1972, p : 3

² OLMI A. et JULY F., « LA REDUCTION DES COÛTS DE LA DISTRIBUTION PAR LA RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions EYROLLES et Editions D'ORGANISATION, Paris, 1971, p : 16

³ BAUMANN M., « LES 199 CHECK-LISTS DU MARKETING », Editions D'ORGANISATION IFAM France, Paris, 2000, p : 149

de la séparation géographique du producteur et du consommateur, que ce dernier soit un particulier ou une entreprise.¹

- La distribution est l'ensemble des activités réalisées à partir du moment où les produits sont finis jusqu'à ce qu'ils soient en possession du consommateur final et prêts à être consommés au lieu, au moment, sous les formes et les quantités correspondant aux besoins des utilisateurs. La distribution est également l'ensemble des opérations affectant la valeur d'usage du produit. En effet, elle doit combler les écarts de temps, de lieu, de valeur et de perception existant entre acheteur et producteur.²
- Distribuer des produits, c'est les amener au bon endroit, en quantité suffisante avec le choix requis, au bon moment et avec les services nécessaires à leur vente, à leur consommation, et le cas échéant, à leur entretien.³

La distribution est l'ensemble des opérations qui vont de la commercialisation d'un bien (à l'issue de sa production) jusqu'à son achat par un consommateur final.

Pour synthèse, on peut dire que la distribution est un mécanisme de transmission physique et d'information des biens et des services (produit) du point de production au point de consommation (au lieu, au moment, sous les formes et dans les quantités correspondantes aux besoins des utilisateurs), et recevoir le prix du service rendu.

De ces exigences découle une multitude d'opérations qui sont assumées par des individus et des organisations qui forment les différents circuits de distribution.

I-3- LE CIRCUIT DE DISTRIBUTION :

Pour le Comité Royal Belge de la Distribution (CRBD), « le terme – circuit de distribution – désigne plutôt le chemin que parcourt la marchandise à travers les organismes divers et successifs de distribution pour arriver entre les mains du consommateur ou de l'utilisateur final »⁴.

¹ LAURENTIE J. et autre, « SUPPLY CHAIN, MANAGEMENT PROCESSUS ET METHODES LOGISTIQUE », AFNOR, 2013 p : 49

² VANDERCAMMEN M. et JOSPIN-PERNET N., « LA DISTRIBUTION », De Boeck Université, Bruxelles, 2010, p : 26

³ LEVY J. et autres, « MERCATOR THEORIE ET PRATIQUE DU MARKETING », 9^{ème} ÉDITION, DUNOD, Paris, 2009, p : 399

⁴ TRACOL P. C., « LES CANAUX DE DISTRIBUTION », Editions DUNOD, Paris, 1972, p : 07

« On appelle circuit de distribution l'ensemble des intervenants qui prennent en charge les activités de distribution, c'est-à-dire les activités qui font passer un produit de son état de production à son état de consommation ». ¹

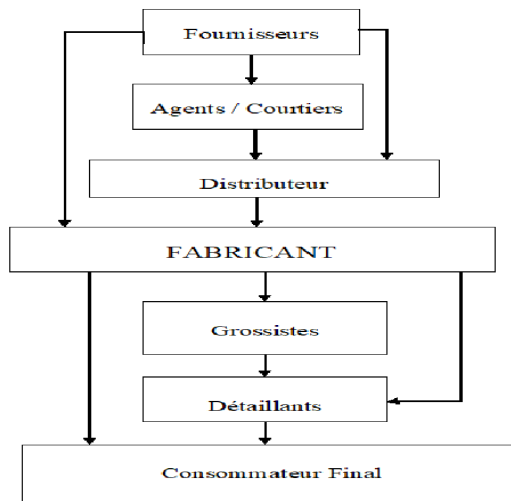
Un circuit de distribution est un mode d'organisation permettant d'accomplir des activités qui ont toutes pour but d'amener au bon endroit, au bon moment, et en quantité adéquate les produits appropriés.²

Un circuit de distribution est constitué de l'ensemble des canaux (voies d'acheminement) par lesquels s'écoule un bien ou une catégorie de biens entre le producteur et le consommateur. ³

Le circuit de distribution comprend l'ensemble des personnes physiques et des entreprises qui participent au processus de la distribution. C'est le chemin suivi par un bien ou un service pour aller du stade de la production à celui de la consommation.

Les différents circuits de distribution qui peuvent se présenter à un producteur, qu'il s'agisse d'une entreprise de biens industriels ou de biens de consommations, sont décrits à la figure (I-1) ci-après.

Figure I-1 : Les différents circuits de distribution



Source : Marketing Stratégique et Opérationnel, Jean Jacques Laubin et Ruden Champitaz, page : 358.

¹ DAYAN A, « LA DISTRIBUTION », Editions Hachette, Paris, 1973, p : 46

² KOTLER P. et Autres, "Marketing Management", 15 éditions, Pearson Education Inc, 2016, Paris, p : 507

³ HELFER J.P., « POLITIQUE COMMERCIALE », VUIBERT ENTREPRISE, Paris, 1987, p : 101

En remarque que dans la figure (I-1), il y a plusieurs itinéraires, et chaque itinéraire est fait d'un ensemble de personnes ou d'entreprise ses que l'on appelle les intermédiaire.

On peut distinguer le circuit direct du circuit indirect, dans le premier circuit il n'y a pas d'intermédiaire entre producteur et consommateur ou l'utilisateur final. Tandis que dans un circuit indirect, il en existe au moins un. Dont on peut aussi distinguer les circuits courts des circuits longs, le plus fréquemment on parle de circuit long lorsqu'il existe un minimum de deux intermédiaires entre producteur et consommateur, et de circuit court lorsqu'un seul intermédiaire existe, ou qu'il n'existe même pas d'intermédiaire entre le producteur et le consommateur (circuit direct).

Exemple de circuit long :

- Producteur : fabrique ou cultive le produit vendu aux grossistes, aux centrales d'achats, aux détaillants.
- Grossiste : achète au producteur par quantités importantes, il stocke et fractionne pour revendre aux détaillants
- Détaillants : met à la disposition du consommateur les produits divisés en unités de vente commodes, entreposés aux endroits voulus.
- Consommateur : achète aux détaillants les produits qu'il consomme.

Le terme canal de distribution fait allusion au chemin parcouru par un produit, lorsqu'il quitte le secteur de production pour atteindre le consommateur final.¹

Un canal de distribution est constitué par une catégorie d'intermédiaires du même type.

I-3-1 L'Utilité des intermédiaires :

Parfois le nombre élevé des intermédiaires dans un canal long laisse penser que certains paliers ne sont pas indispensables et pourraient être supprimés, ou un canal court serait plus productif et moins coûteux. Ceci dit la pensée que la diminution des coûts de la distribution par la réduction du nombre des intervenants serait une erreur, car chaque intermédiaire n'existe que par les fonctions distributives qu'il remplit. Dans plusieurs cas les intermédiaires peuvent

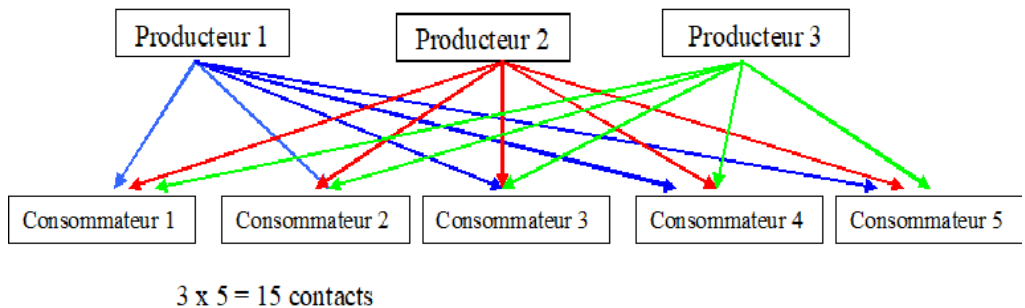
¹ JOFFRE P. et SIMON Y., « ENCYCLOPEDIE DE GESTION », ECONOMICA, Paris, 1997, p : 273

être très utiles en rendant un service aux producteurs et aux consommateurs en les rapprochant et en facilitant les transactions commerciales. Cependant la délégation de certaines fonctions de distribution des produits à des intermédiaires, signifie pour le producteur, la perte de certain contrôle sur les méthodes de vente et de la marge.

Le recours aux intermédiaires se justifie d’abord par leur plus grande efficacité dans l’accomplissement de certaines fonctions. De par leur spécialisation, leurs contacts et leur niveau d’activité, ils offrent au fabricant une expérience que celui-ci ne pourrait acquérir que progressivement. ¹

Ainsi, la figure –2- illustre l’un des types d’économie réalisée en faisant appel aux intermédiaires. Prenons le cas d’une production ou évoluent 3 producteurs et 5 consommateurs, s’il n’y a pas d’intermédiaire il faut établir 15 contacts. Alors qu’en présence d’un intermédiaire, le nombre de contacts n’est plus que de 8, ce qui permet des économies de temps et d’argent. (Figures I-2-1& I-2-2)

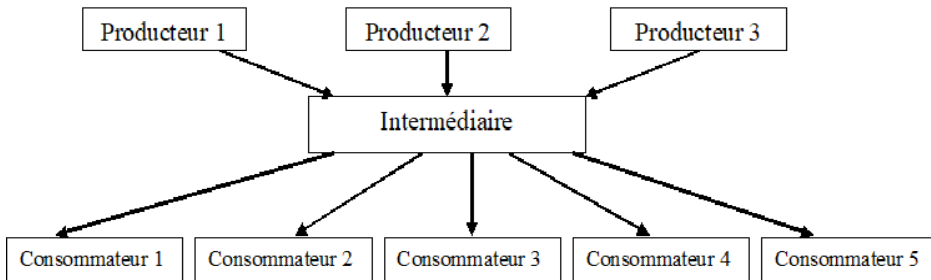
Figure I-2-1 : Liens commerciaux entre 3 producteurs et 5 consommateurs



Source : La Distribution, Marc Vandercamen et Nelly Jospin-Pemet, page : 29

¹ KOTLER P. et Autres, “MARKETING MANAGEMENT”, 15e édition, published by Pearson Education Inc, 2016, Paris, p : 497

Figure I-2-2 : Liens commerciaux entre 3 producteurs et 5 consommateurs avec intermédiaire



$3 + 5 = 8$ Contacts

Source : La Distribution, Marc Vandercamen et Nelly Jospin-Pemet, page : 30

I-3-2 Les effets négatifs des intermédiaires :

Notons toutefois que certaines fonctions peuvent être exercées plusieurs fois, ce qui a pour effet d'accroître le coût de distribution (inventaire, chargement et déchargement chez les producteurs, grossistes, détaillants...).¹

Le recours à des intermédiaires implique pour le producteur une perte de contrôle sur certains éléments du processus de commercialisation, puisque cela revient à sous-traiter une partie des fonctions que, théoriquement, le producteur pourrait exercer lui-même.

I-3-3 La distribution comme composante de la chaîne d'approvisionnement et du réseau de partenaires :

L'analyse de la chaîne d'approvisionnement (Supply Chain) étudie le fonctionnement de la filière depuis les matières premières jusqu'aux clients finaux. On désigne cette approche par le terme de chaîne de demande, qui met en évidence l'importance des besoins des clients comme vecteur du mode d'allocation des ressources.²

¹ VANDERCAMMEN M. et JOSPIN-PERNET N., « LA DISTRIBUTION », De Boeck Université, Bruxelles, 2010, p : 29

² KOTLER P. et Autres, "MARKETING MANAGEMENT", 15e édition, published by Pearson Education Inc, 2016, Paris, p: 556

Certains experts critiquent cette approche car elle se concentre sur les opérations verticales d'achat, de production et de consommation. Or les réseaux auxquels les entreprises appartiennent intègrent des relations d'échange et de collaboration plus nombreuses et plus complexes. On appelle réseau un système de partenariats et d'alliances créé par une entreprise pour approvisionner, enrichir et distribuer son offre.¹

Le réseau inclut les fournisseurs de l'entreprise, ses distributeurs et ses clients, mais aussi les fournisseurs de produits complémentaires, les chercheurs et les organismes publics.

Les responsables se préoccupent traditionnellement de la part du réseau qui concerne le client et le produit, mais en développant une vision globale de son réseau, l'entreprise peut surveiller les acteurs de la filière et anticiper tout changement susceptible d'affecter ses conditions de fonctionnement.

I-4- LES FONCTIONS DE LA DISTRIBUTION :

Il est possible d'éliminer des intermédiaires dans un réseau de distribution, mais les fonctions remplies par ces intermédiaires ne peuvent être éliminées². Les fonctions de distribution qu'elles soient prises en charge par des intermédiaires ou qu'elles soient assurées par le producteur lui-même, ses fonctions restent dans leur nature identiques.

Les opérations liées à la distribution sont multiples et correspondent principalement à plusieurs fonctions, on peut distinguer cinq fonctions principales que l'on peut regrouper en deux rubriques :

Les Fonctions de la Distribution Physique ou La logistique et Les Fonctions de Services ou Commerciales.

I-4-1- La Distribution Physique ou La Logistique :

Gaedeke et Tootelian³ définissent la distribution physique comme suit : «... toutes les activités impliquées dans la planification, la mise en œuvre et le contrôle

¹ KOTLER P. et Autres, "MARKETING MANAGEMENT", 15e édition, published by Pearson Education Inc, Paris, 2016, p: 556

² VANDERCAMMEN M. et JOSPIN-PERNET N., « LA DISTRIBUTION », De Boeck Université, Bruxelles, 2010, p : 29

³ GAEDEKE, R.M. TOOTELIAN, "MARKETING PRINCIPLES AND APPLICATIONS", West Publishing Company, Minnesota (USA), 1983, p: 300.

du flux physique des matières premières, des stocks en cours de fabrication et des produits finis du point d'origine au point de consommation. Les principales activités comprennent le service à la clientèle, le contrôle des stocks, la manutention, le transport, l'entreposage et le stockage. »

Pour le grand public, le mot de logistique a quelque connotation militaire, du type : « Mettre à disposition des unités opérationnelles l'ensemble des produits dont elles ont besoin ». Pour l'entreprise, la logistique représente d'abord la gestion des moyens de transport pour mettre à disposition des ressources les stocks nécessaires afin d'éviter toute situation de rupture.¹

Les fonctions matérielles de la logistique qui sont liées à la distribution physique, regroupent les trois importantes fonctions qui sont : le transport – l'allotissement et l'assortiment – le stockage.

Les fonctions de la distribution physique sont une source importante de coûts, leur optimisation procure aux entreprises des gains de productivité considérables et la maîtrise des flux logistiques est une condition indispensable à la compétitivité des entreprises, aussi bien industrielles que commerciales.

I-4-1-1- La Fonction du Transport :

Le transport est une fonction clé de la distribution, c'est la plus évidente car généralement le lieu de consommation ne coïncide pas avec le lieu de production².

Le transport c'est le maillon indispensable de la chaîne logistique, assure la liaison entre les différents étages du système logistique, de l'approvisionnement à la distribution (fournisseurs-usines, inter-usines, usines-entrepôts, et entrepôts-clients). Le transport mérite une attention particulière.³

La fonction de transport correspond à l'acheminement du produit d'un point « A » à un point « B », c'est à dire que, c'est l'opération qui consiste à déplacer le produit d'un lieu à un autre, en d'autres termes à faire passer le produit d'un état de lieu, à un autre état de lieu. La fonction de transport peut être assurée par le producteur lui-même ou par un distributeur ou transporteur professionnel.

¹ COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 378

² VANDERCAMEN M. et JOSPIN-PERNET N., « LA DISTRIBUTION », De Boeck Université, Bruxelles, 2010, p : 28

³ BAGLIN G. et Autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e édition, 2005, p : 469

Les transports modernes constituent un système. Chaque sous-système (selon le mode de transport) est constitué d'une infrastructure (linéaire pour les transports terrestres, ponctuelle pour les transports maritimes et aériens), de véhicules (individuels ou regroupés en rames) ou de flux continus (pour les transports par conduites : gazoducs, oléoducs), et de techniques d'exploitation particulières. Même si, sur un trafic donné, tous ces modes ne se concurrencent pas, la question du choix se pose fréquemment.¹

On essaie de réduire les coûts de transport en rationalisant les parcours et les procédures, ainsi le transport routier met l'accent sur la circulation à pleine charge sur les trajets allé et retour. Enfin les distributeurs réduisent leur coûts de livraison (entrepôt / détaillant) ou de collecte (fabricant / entrepôt), en utilisant des techniques mathématiques comme la programmation linéaire et heuristique ou des modèles de transport.²

I-4-1-2- La fonction d'allotissement (Groupage) et d'assortiment :

Le consommateur achète à l'unité ou en faible quantité, alors que les produits sont fabriqués en grande série, donc il est indispensable de fractionner des marchandises en des lots correspondant aux besoins du consommateur ou par allotissement lorsqu'il s'agit de constituer un lot homogène et important d'un même produit.

La fonction d'allotissement ou le Groupage : Opération dans laquelle on réunit dans un même moyen de transport plusieurs lots de marchandises diverses mais de même destination afin d'avoir un chargement aussi complet que possible sur un trajet donné³;

L'allotissement consiste donc à transformer les lots de production en lots de vente, on peut dire aussi que c'est l'ajustement quantitatif des marchandises (passer d'un état à un autre état de lot) pour que le distributeur compose une offre adaptée à son marché. En d'autre terme, toute activité visant à mettre les produits

¹ BAGLIN G. et Autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e édition, 2005, p : 469

² JOFFRE P. et SIMON Y., « ENCYCLOPEDIE DE GESTION », ECONOMICA, Paris, 1997, p : 273

³ VANDERCAMEN M. et JOSPIN-PERNET N., « LA DISTRIBUTION », De Boeck Université, Bruxelles, 2010 p : 28

fabriqués en portions et en conditionnements correspondant aux besoins des utilisateurs.

L'assortiment permet de regrouper des biens différents dans un même lieu grâce à une sélection parmi tout ce qui est proposé par les fabricants. Donc l'assortiment consiste à regrouper dans l'entrepôt ou dans le magasin les marchandises destinées à être achetées ou consommées ensemble.

I-4-1-3- La fonction de stockage :

Le rythme de fabrication d'un produit est rarement identique au rythme de consommation d'où la fonction de stockage. Le Stockage permet à l'utilisateur de disposer des marchandises immédiatement ou dans un délai donné.

Le stockage est une fonction complémentaire au transport en assurant une fonction de sécurité. Aussi, le stockage a un rôle positif de régulation du processus de production, car les produits doivent arriver au bon moment et en quantités suffisantes pour satisfaire les besoins de consommation, en peut dire aussi que le stockage permet un ajustement des produits dans le temps et dans l'espace, et d'assurer la liaison entre le moment de la fabrication et le moment de l'achat ou de l'utilisation.

Malheureusement, le rôle positif est entaché par plusieurs inconvénients. Toute détention de marchandises en stock fait naître des risques de dépréciation (surtout si le produit répond à une demande très spécifique ou est très limitée dans le temps) et des coûts (détention physique du stock : loyer ou amortissement du local, assurance, énergie et financement du capital investi dans le stock).¹

On distingue différents types de stocks :

- 1- Les stocks nécessaires à la fabrication, matières premières ;
- 2- Les pièces de rechange pour le parc, les outillages spéciaux, produits pour l'entretien ;
- 3- Les en-cours, c'est-à-dire les stocks entre les différentes phases de l'élaboration du produit (entre les machines) ;
- 4- Les stocks de produits finis.

¹ VANDERCAMEN M. et JOSPIN-PERNET N., « LA DISTRIBUTION », De Boeck Université, Bruxelles, 2010, p : 28

Comme nous l'avons dit précédemment, les stocks constituent à la fois une nécessité et une lourde contrainte financière. En moyenne, le coût annuel des stocks représente 25% à 35% des capitaux immobilisés.¹

I-4-2- Les Fonctions de Services ou de Commerce :

Les fonctions services ou de commerce au sein de la distribution sont réparties en deux groupes :

I-4-2-1- Les services matériels :

Les services rendus à la clientèle en fonction des attentes de cette dernière et des particularités des produits². Ce sont, par exemple la disponibilité du produit, la rapidité des livraisons, l'installation, la reprise éventuelle des produits, la maintenance ou l'entretien et réparation faites parfois au titre d'une garantie, services après-vente.

Pour de nombreux clients, le niveau de service à la clientèle fourni par l'entreprise est aussi important que tout autre attribut qu'elle peut posséder, y compris l'excellence de ses produits. Certains aspects du service client ont peu à voir avec la distribution physique, tels que le service après-vente, les garanties et le traitement des réclamations des clients, mais une grande partie du service client est assurée par la fonction de distribution physique. Un large éventail de critères peut être utilisé pour évaluer le niveau de service offert par une entreprise, mais ceux-ci sont susceptibles d'inclure :

- délais de livraison
- les contraintes de taille de commande et d'assortiment
- la durée du cycle de commande, c'est-à-dire l'intervalle de temps entre la passation de la commande et la livraison
- pourcentage d'articles en rupture de stock
- pourcentage de fois qu'un article ne peut pas être fourni en stock (ou dans un nombre prescrit de jours à compter de la passation de la commande)
- pourcentage de commandes remplies avec précision

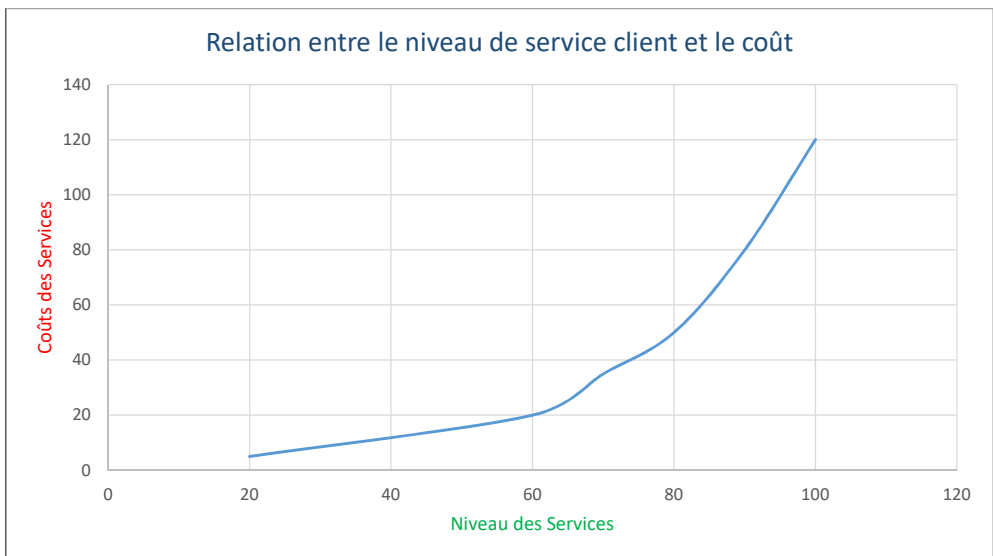
¹ COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'organisation, 4^{ème} éditions, Paris, 2003, p : 122

² VANDERCAMEN M. et JOSPIN-PERNET N., « LA DISTRIBUTION », De Boeck Université, Bruxelles, 2010, p : 29

- pourcentage de commandes arrivant en bon état,
- la facilité et la flexibilité des passeurs de commandes, et
- les niveaux de service des concurrents.

Le maintien de niveaux élevés de service à la clientèle entraîne des coûts élevés et ne peut être justifié que si cela se traduit par des opportunités qui, autrement, ne se concrétiseraient pas. Parallèlement, le responsable logistique doit surveiller les effets de l'exploitation d'un niveau de service client donné sur la rentabilité. Comme le montre la figure I.3, à mesure que le niveau de service client se rapproche de 100 %, les coûts associés augmentent fortement. Cela signifie considérer les compromis entre les coûts impliqués et le niveau de service offert. Il est possible, après tout, de fournir un niveau de service supérieur à celui requis ou apprécié par le client.

Figure I.3 : Relation entre le niveau de service client et le coût



Source : CRAWFORD I.M., "AGRICULTURAL AND FOOD MARKETING MANAGEMENT", Editions FAO, Rome, 1997

I-4-2-2- Les services de la fonction communication :

La fonction communication se fait dans les deux sens : ¹

¹ KOTLER P. et Autres, "MARKETING MANAGEMENT", 15e édition, published by Pearson Education Inc, 2016, France, p: 558

D'amont en aval : (producteur vers le détaillant) services rendus à la clientèle, c'est-à-dire l'élaboration et la diffusion d'informations à destination des clients afin de stimuler l'achat. Tel que l'affichage des prix, information sur les caractéristiques des produits (sa nature, ses qualités, ou de son originalité), conseils donnés par les vendeurs, publicités sur les lieux de vente, actions de promotion des ventes dans les magasins, etc.

D'aval en amont : (détaillant vers le fabricant) ce sont les remontées d'informations commerciales et le recueil d'information sur les clients actuels et potentiels, mais également sur les concurrents et les autres acteurs de l'environnement, tel que les chiffres de vente, réclamations des clients ou la réaction du marché vis-à-vis des produits et des fluctuations des demandes locale, etc.

I-5- LES FLUX DE LA DISTRIBUTION :

L'exercice des tâches (fonctions) de la distribution donne naissance à des flux commerciaux entre partenaire dans le processus d'échange. On peut identifier cinq types de flux dans un circuit de distribution.

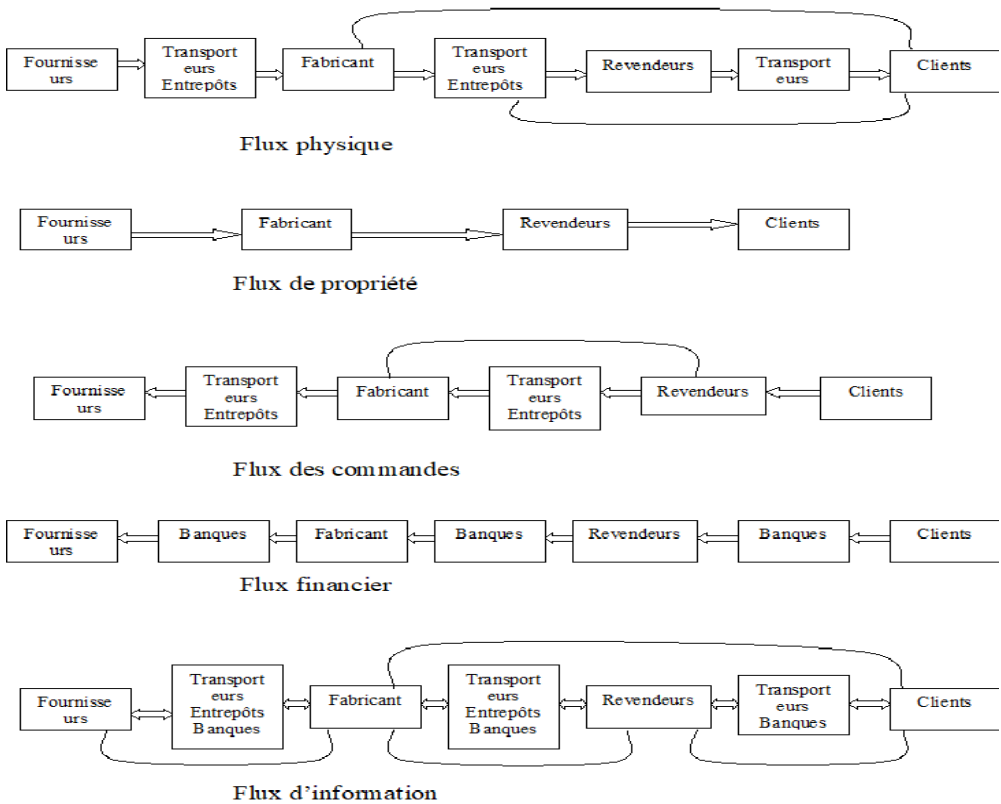
- *Le flux du titre de propriété* : il s'agit du passage du titre de propriété du produit d'un niveau à un autre du circuit de distribution.
- *Le flux physique* : décrit le déplacement réel du produit du producteur au consommateur final en passant par les dépôts intermédiaires successifs.
- *Le flux des commandes* : par les acheteurs et par les intermédiaires, qui remontent vers les fabricants.
- *Le flux financier* : il s'agit du flux d'argent, c'est-à-dire de l'acheminement des règlements financiers, factures, commissions, qui remontent de l'acheteur final vers le producteur et les intermédiaires.
- *Le flux d'information* : ce flux circule dans les deux directions, les informations provenant du marché et remontant vers le producteur ; les informations orientées vers le marché à l'initiative des producteurs et des intermédiaires afin de mieux faire connaître les produits offerts. ¹

En plus, il faut avoir cette fluidité d'information entre les partenaires en autorisant et en rationalisant l'administration de l'information accrochée au flux

¹ LAUBIN Jean Jacques et DE MOERLOOSE Chantal, « Marketing Stratégique et Opérationnel », 9e Edition, DUNOD, Paris, 2016, p : 352

de marchandises pour éviter les désordres informationnels altérant la qualité de l'information et par conséquent, la qualité des décisions.¹

Figure I-4 : Les cinq flux de la distribution



Source : Kotler & Dubois, 10 Edition, Marketing Management, PUBLI UNION, page : 498

I-6- LA DISTRIBUTION DES SERVICES :

La notion de distribution ne s'applique pas seulement aux biens tangibles, mais également aux services. En effet, les services ont besoin d'être disponibles et accessibles. De nombreuses entreprises et organisme ont cherché à se décentraliser sous forme d'unités mobiles, au cours de ces dernières années, dans des secteurs comme la banque, l'assurance, le tourisme, avec des agences, des

¹ CLIQUET G. et autres, « MANAGEMENT DE LA DISTRIBUTION », Editions DUNOD, Paris, 2002, p : 56

kiosques dans des centres commerciaux ou des universités, et de plus en plus de prestations en ligne ...¹

Plus généralement, la mise en place d'un système de distribution requiert, dans le domaine des services, une bonne connaissance des besoins du public et du coût des différentes opérations. Les hôpitaux expérimentent aujourd'hui des formules de soins à domicile tandis que l'Internet offre de nouvelles possibilités dans de nombreux secteurs.²

I-7- LES STRATEGIES DE DISTRIBUTION :

Trois types de couverture du marché peuvent être envisagés suivant l'intensité de la relation produit - client que le fabricant souhaite : la distribution intensive, la distribution sélective et la distribution exclusive.

I-7-1- : La distribution intensive ou de masse :

Les fabricants de biens de grande consommation en sont les principaux utilisateurs. La distribution intensive vise à saturer le plus vite possible les marchés potentiels en étant présent dans un maximum de points de vente, mais le fabricant doit faire face à un coût de distribution conséquent.³

I-7-2- : La distribution sélective :

La distribution sélective ne concerne que les produits de « marque », elle consiste pour le producteur à ne vendre qu'à un nombre limité de clients dans une région donnée, ce qui limite le nombre des détaillants en fonction de critères tels que leur surface financière, leur taille, leur image, leur dynamisme, les autres produits de l'assortiment qu'ils proposent et la qualité de leurs services.

Cette stratégie de distribution suppose l'utilisation d'un canal court, elle n'est pas non plus sans risque pour le fabricant, dans la mesure où elle peut freiner sa pénétration du marché (nombre insuffisant des revendeurs ou mauvaise connaissance par le consommateur des détaillants sélectionnés).⁴

¹ KOTLER P. et Autres, "MARKETING MANAGEMENT", 15e édition, published by Pearson Education Inc, France, 2016, p: 562

² SIMON Y. et JOFFRE P., « ENCYCLOPEDIE DE GESTION », 2eme édition, ECONOMICA, Paris, 1997, p : 280

³ LAUBIN Jean Jacques et DE MOERLOOSE Chantal, « Marketing Stratégique et Opérationnel », 9e Edition, DUNOD, Paris, 2016, p : 362

⁴ Idem, p : 363

I-7-3- : La distribution exclusive :

La distribution exclusive est très prisée par les fabricants de produits de luxe (vêtements, chaussures, meubles, etc.) qui accordent à l'intermédiaire des droits de vente exclusifs, à l'exclusion de produits ou de marques concurrentes (cas des concessionnaires automobiles). L'exclusivité permet au producteur un certain nombre d'avantages : un meilleur contrôle de la distribution sur le plan de la qualité, des services, du prix et du prestige, mais il sacrifie une part de marché en rendant plus difficile la disponibilité des produits. ¹

I-8- LA REMUNERATION DE LA DISTRIBUTION :

La rémunération de la distribution sert à couvrir les frais et couts suivants :²

- les coûts de la distribution physique : transport pour l'approvisionnement des dépôts, manutention, stockage, etc.
- les coûts administratifs : facturation, comptabilité, etc.
- les frais commerciaux : personnels de vente, promotion, publicité, après-vente, services divers, etc.
- les frais financiers : immobilisations correspondant aux produits stockés, aux capitaux investis, etc.
- le bénéfice de la distribution.

I-8-1- *Les coûts de la distribution*

Les biens étant produits pour être vendus, leur mise sur le marché entraîne pour l'entreprise des charges entre la fin de la production et l'arrivée des produits chez les clients. Pour comprendre la structure des coûts des différentes opérations dont l'ensemble représente l'activité de distribution, il importe de se livrer à une analyse comptable et une analyse statistique. ³

¹ LAUBIN Jean Jacques et DE MOERLOOSE Chantal, « MARKETING STRATEGIQUE ET OPERATIONNEL », 9e Edition, DUNOD, Paris, 2016, p : 364

² LEVY J. et autres, « MERCATOR THEORIE ET PRATIQUE DU MARKETING », 9ème ÉDITION, DUNOD, Paris, 2009, p : 405

³ TRACOL P. C., « LES CANAUX DE DISTRIBUTION », DUNOD Editions, Paris, 1972, page : 29

L'analyse comptable a pour but de recenser les différents postes de dépenses, et de les classer par nature et par opération.

L'analyse statistique reprend les chiffres dégagés par l'analyse comptable et tente de généraliser les résultats obtenus et de prévoir comment variera le coût de chaque opération, lorsque l'activité évolue entre des limites bien définies.

I-8-2- : Les difficultés de l'analyse comptable :

L'interprétation des chiffres dans l'analyse comptable, en tenant compte des conditions dans lesquelles ces chiffres ont été obtenus soulève de grandes et nombreuses difficultés : ¹

Absence d'une comptabilité analytique correcte : L'analyse comptable doit être suffisamment détaillée et la ventilation des dépenses doit être effectuée avec beaucoup de soin et de conscience professionnelle.

Instabilité de la monnaie : Il est nécessaire de tenir compte de ce phénomène qui, si on le négligeait, fausserait complètement les chiffres recueillis pour les comparés sur tout la durée de l'analyse.

Variation de l'efficacité commerciale : L'efficacité commerciale dépend de l'attitude des services commerciaux, de la qualité des produits, des réactions de la clientèle et de l'activité de la concurrence, et les dépenses engagées ne sont pas toujours les mêmes.

Retard de livraison ou défaut d'approvisionnement : Sont la marque d'un mauvais service à la clientèle, leur répétition produit un double effet :

- Diminution de la demande normale par une désaffection pour les commerçants ou les produits en cause ;
- Report de certaines livraisons ou ventes vers des périodes ultérieures ce qui fausse les chiffres caractérisant la période en cours et la période suivante.

Les fluctuations saisonnières : La demande peut augmenter ou restreindre d'une manière imprévue car les fluctuations saisonnières sont irrégulières d'une année à l'autre (période de froid excessif, d'humidité ou de sécheresse, de chaleur anormale).

¹ TRACOL P. C., « LES CANAUX DE DISTRIBUTION », DUNOD Editions, Paris, 1972, page : 30

I-8-3- : Les différentes natures de coûts :

Les coûts correspondent à l'ensemble des charges supportées par l'entreprise pendant toute la durée du processus de production d'un bien ou service. Les coûts désignent l'ensemble des charges et frais supportés par une entreprise lors du processus de production d'un produit ou d'un service dédié à la vente.

Les activités de l'entreprise requièrent un certain nombre de ressources, par exemple financières ou humaines, qui sont considérées comme des coûts. Un coût peut être un coût de revient, un coût d'achat, un coût de production ou encore un coût de distribution par exemple.

Il existe 4 types de coûts: les coûts fixes, les coûts variables, les coûts directs et les coûts indirects.

1. **Coût direct** : Constitué par les charges directement affectées et proportionnelles à l'activité (main d'œuvre directe, énergie, matières et usure des outillages...).

Les coûts directs contiendront donc essentiellement les salaires et charges du personnel d'exécution sur postes de travail, les coûts d'approvisionnement et autres dépenses liées directement à l'activité.

2. **Coût indirect** : Constitué de charges supports à l'activité. Elles sont liées au volume d'activité sans être nécessairement proportionnelles.

Les coûts indirects existent aussi en dehors de l'activité, ce sont les coûts de la direction générale, du marketing, de la direction commerciale, de la direction financière, de la comptabilité, de l'administration, de la gestion, du service après-vente etc.

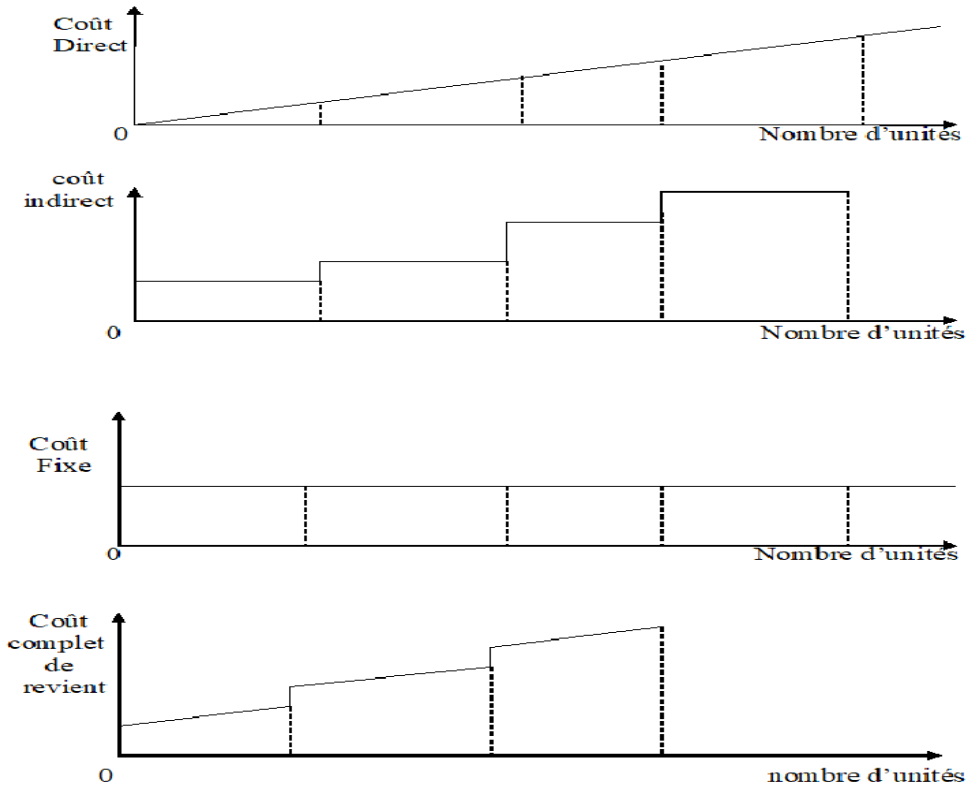
3. **Coût variable** : sont les charges qui varient en fonction de l'activité de l'entreprise, les charges opérationnelles (directes + indirectes) constituent le coût variable. En général, les coûts variables sont ceux qui disparaissent avec le produit.

4. **Coût fixe** : sont les charges qui n'évoluent pas en fonction de l'activité de l'entreprise, tel que les charges de structures pour l'existence de la société (siège de l'entreprise, administration générale, etc.) qui ne sont pas vraiment liées au volume d'activité.

D'autres exemples simples de charges fixes sont les primes d'assurances, les locations des compteurs d'eau, de gaz, d'électricité, abonnement téléphonique, car ces charges existent même s'il n'y a pas d'activité.

Les courbes de la figure (I-5) illustrent l'évolution de ces coûts en fonction du volume d'activité exprimé par le nombre des unités.

Figure I-5 : les différentes natures de coûts



Source : Maîtriser les coûts d'un projet, le management par la valeur, Serge Bellut, AFNOR, 2002, page :

Le coût de la distribution résulte de l'addition de charges directes et de charges indirectes.

3. Charges directes : Ce sont les charges qui peuvent être rattachées à un produit déterminé (étude de marché, transport, stock, ...). Il s'agit essentiellement de charges de personnel et de prestation de service, d'énergie.

4. charges indirectes : Ce sont les charges qui ne concernent pas un produit déterminé, sont regroupées dans les centres de distributions généralement plus importantes que les charges directes. Elles constituent souvent l'ensemble du coût de distribution.

I-8-4- La relation entre les coûts et le prix de vente :

Lorsqu'on parle de prix (et donc implicitement ou explicitement de coût selon le contexte de la négociation ou de la transaction), il faut tout d'abord savoir à quelle activité de la vie d'un produit (ou service) les coûts se rapportent, d'où le rôle de la comptabilité analytique qui permet de les localiser, de les calculer rationnellement et d'évaluer le résultat au niveau de chaque ligne de produits. Le résultat final qui est la « marge », peut être calculé comme suit : ¹

$$\text{Marge} = \text{Prix de vente} - \text{coût complet de revient}$$

Le coût complet de revient est la somme des charges nécessaire pour la réalisation d'un produit.

Cette approche nous aide à percevoir qu'il existe une relation très étroite entre la raison d'être de l'entreprise, ses activités, son organisation et la détermination des coûts.

La figure (I-5) résume les coûts qui interviennent dans la construction d'un prix de vente.

¹ BELLUT S., « MAITRISER LES COÛTS D'UN PROJET, LE MANAGEMENT PAR LA VALEUR », Editions AFNOR, Paris, 2002, p : 43

Figure I-6 : Constitution d'un prix de vente.

Coût direct De fabrication	Coût indirect de fabrication	
Charges directement affectables et proportionnelles au nombre d'unités fabriqués	Autre charges liées au volume de fabrication	
Coût variable de production		Coût fixe de production
Disparaît lorsque le produit disparaît		
Charges fixes de production non liées au volume d'activité : loyer des bâtiments, gardiennage, abonnements...		
Coût de production		Coût hors production
Ensemble des coûts correspondant à l'activité de production :		
Directs : assurances et transport des produits, licence de production, commissions vendeurs. Indirects : administration générale, réseau de distribution, frais financiers, R&D		
Coût complet de revient		Marge
Inclus tous les coûts de l'entreprise pour élaborer le produit / service Y compris la part d'absorption des frais généraux		
Prix de vente hors taxes		

Source : Serge BELLUT, Le Management par La Valeur, éditions AFNOR, 2002, page 45

Conclusion :

La distribution connaît ces dernières années un grand développement. Non seulement, elle doit surmonter plusieurs difficultés dont, la maîtrise des coûts. Mais aussi elle doit faire face à des consommateurs dont la demande et les exigences sont devenues nombreuses et de moins en moins prévisibles. Ils sont devenus de plus en plus exigeants et de mieux en mieux informés. Ils recherchent

en permanence le meilleur rapport qualité /prix en leur faveur, tout en demandant davantage de services incorporés au produit acheté.

La distribution physique est souvent considérée comme un système de soutien nécessaire au programme de commercialisation de l'organisation. Cependant, il existe une perspective alternative et plus créative qui peut être adoptée et qui consiste à considérer un système de distribution physique efficace comme un outil puissant à part entière, capable de créer un avantage concurrentiel pour l'organisation. Une organisation qui est capable, par exemple, de fournir une grande variété de produits rapidement à des moments précis aide à réduire les coûts de distribution. Ainsi, le niveau d'intérêt pour la gestion de la distribution physique s'explique par son potentiel en tant qu'instrument puissant, la possibilité de réaliser des économies importantes sur les coûts de commercialisation et par l'importance de la distribution physique pour les niveaux de service aux clients.

Le concept de distribution totale et l'approche du coût total sont largement appliqués par les responsables de la distribution physique. Ils sont basés sur la notion que tous les éléments de la distribution physique sont si interdépendants qu'une décision prise à propos d'un élément aura un impact sur certains ou tous les autres. Ainsi, par exemple, la décision de réduire le nombre de dépôts peut bien réduire les coûts associés au personnel, au gaspillage et aux niveaux de stocks, mais augmentera également les coûts de transport. La vraie question est de savoir si les économies réalisées dans un domaine correspondent, dépassent ou sont inférieures à l'augmentation des coûts dans un autre.

Étant donné qu'en général, les responsables de la distribution physique comprennent que leur défi consiste à minimiser les coûts totaux du système de distribution, plutôt que les coûts d'un élément particulier, ils ont tendance à utiliser le concept de coût total. Pour cela, la direction doit calculer les arbitrages entre trois catégories de coûts : les frais de transport, les frais de traitement des commandes et les frais de stockage.

CHAPITRE -II-

CHAPITRE –II- : MODELES DE GESTION DE TRANSPORT

INTRODUCTION :

Aujourd'hui, peut-être plus que jamais, les responsables sont conscients que les décisions à prendre et les objectifs à atteindre sont soumis à un ensemble de contraintes qui sont imposées à l'entreprise et qui en restreignent les profits.

Afin d'aider les décideurs dans la gestion de leur sociétés, des outils scientifiques, tel que les mathématiques et la recherche opérationnelle sont utilisés et à travers ce chapitre nous allons présenter deux modèles de gestion qui sont liés à la distribution, à savoir : la méthode de transport et la théorie des graphes.

II-1- LE TRANSPORT

Parmi les contraintes de distribution qui s'imposent à l'entreprise, on trouve le problème de transport, ce problème qu'on peut décrire en posant trois questions : Quel est l'objectif précis de la gestion de transport ? De quelle information doit-on disposer pour atteindre l'objectif ? Quelles sont les contraintes limitant la capacité d'atteindre l'objectif ?¹

La première question touche l'objectif qui est : de choisir le chemin de distribution entre les sources et les destinations qui réduisent au minimum les coûts d'expédition pour une période donnée.

La deuxième question ce que l'on doit savoir pour prendre une décision optimale, c'est à dire une décision qui permet de mieux atteindre les objectifs tout en tenant compte des contraintes. Cette information est la quantité de produit à expédier de chaque source vers chaque destination pendant une période donnée.

La dernière question concerne les contraintes de décision : Exigence des destinations – quantité minimale ou exacte de produit exigée à chaque destination. Capacité de la source – la quantité exacte ou maximale de produit disponible à chaque source.

A cause de la complexité de ce genre de décision, on a dû, introduire en gestion tout un éventail de techniques et de nouvelles analyses pour aider les

¹ GAITHER N. et autre, « L'ENTREPRISE ET LA GESTION DES OPERATIONS », les éditions HRW, Montréal (CA), 1983, p : 111

gestionnaires à choisir entre plusieurs hypothèses. C'est de là qu'est issue la programmation mathématique, qui comprend des techniques comme la programmation linéaire, la programmation non-linéaire, la programmation intégrale, etc. (il s'agit de techniques de programmation mathématique).

Dans cette partie, nous allons donner un aperçu sur la relation entre les problèmes de transport et la programmation linéaire, les caractéristiques des problèmes de transport et ses modalités d'application.

II-1-1- LES MODES DE TRANSPORT :

Le transport est le maillon indispensable de la chaîne logistique, il permet d'assurer la liaison entre fournisseurs, intermédiaires et clients, de l'approvisionnement à la distribution physique.¹

Le mode de transport est en relation avec le milieu où évoluent les véhicules de transport : terrestre (chemin de fer ou routier) ; maritime et transport aérien.

Le transport routier est effectué à l'aide des véhicules automobiles tel que les voitures, les camionnettes (véhicule industriel de moins de 3,5 tonnes), les camions et remorques.

Le transport routier s'est beaucoup développé et maintenant il occupe la première place dans le transport terrestre. Ce phénomène est probablement lié à :

- La construction d'infrastructures nombreuses et denses ;
- Le seul mode permettant de réaliser plus facilement le porte-à-porte entre fournisseur et client.
- La croissance des échanges de quantités de marchandises à grande échelle

Précisons cependant, qu'une partie importante des tonnes transportées concerne les courtes distances : 60% à moins de 50 km et 78% à moins de 150 km, domaine où elle n'a pas de concurrent.² Mais il ne faut pas oublier la contrainte de la taille des lots à transporter, les délais de livraison et les coûts.

¹ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Ed. ECONOMICA, 4e édition, Paris, 2005, p : 469

² Idem, p : 470

II-1-2- LES COUTS DU TRANSPORT ET LA PROGRAMMATION LINÉAIRE :

La détermination du coût de transport est très importante, un véhicule peut être considéré comme une machine dont on chercherait à calculer le coût de fonctionnement, pour cela nous retiendrons deux catégories de coûts : les Coûts fixes (c'est des charge que la société est obligé de supporter indépendamment de l'activité du véhicule, tel que : amortissement, taxes, assurances, frais de personnel et les frais généraux de l'administration) et les coûts variables (c'est des frais engagés uniquement lorsque le véhicule est utilisé, tel que : carburant, pneumatique et l'entretien & réparation).

En résumé, le coût d'exploitation du véhicule s'exprime habituellement par : Frais Fixes + Frais Variable x Km

Souvent les sociétés procèdent et organisent la livraison de leur marchandise en s'appuient sur leur expérience, ceci dit, une telle pratique ne permet pas nécessairement d'obtenir un coût minimal de transport (livraison de produit fini ou d'approvisionnement en matière première). Des méthodes d'optimisation peuvent être mises en œuvre pour atteindre cet objectif.¹

II-1-2-1- L'optimisation des coûts de transport et la Programmation Linéaire :

La programmation linéaire (PL) est celle qui se démarque le plus à cause de la fréquence avec laquelle elle est utilisée dans toutes sortes d'organisations et les problèmes de transport sont parmi les sujets les plus importants de la recherche opérationnelle et de la programmation linéaire.

La PL est un précieux outil pour les gestionnaires, l'objectif est de trouver un compromis pour chaque ressource, limitée en capacité, de telle manière que l'on maximise le profit ou on minimise le coût ..., mais il faut d'abord savoir formuler les problèmes. Les étapes à suivre pour formuler ou présenter les problèmes de PL sont : ²

¹ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Ed. ECONOMICA, 4e édition, Paris, 2005, p : 484

² GAITHER N. et autre, « L'ENTREPRISE ET LA GESTION DES OPERATIONS », les éditions HRW, Montréal, 1983, p : 118

- 1- Définir l'objectif.
- 2- Définir les variables de décision.
- 3- Enoncer la fonction économique
- 4- Décrire en un ou deux mots les contraintes.
- 5- Inscrire les données de chaque contrainte dans la marge de droite, incluant les unités de mesure.
- 6- Inscrire =, =< ou >= pour chaque contrainte
- 7- Inscrire les variables de décision à gauche de la contrainte
- 8- Inscrire le coefficient de chaque variable de décision pour chaque contrainte

Ces étapes permettent de structurer le problème et de l'exprimer sous une forme qui en facilite la compréhension. Dès lors, on peut passer à la résolution par PL.

Les problèmes de transport sont utilisés à tous les niveaux économiques et administratifs, en raison de sa facilité d'utilisation dans l'organisation de la production et de ses ressources dans les opérations d'approvisionnement ou de livraison, ainsi que dans la répartition optimale des plans d'expédition et de distribution des ressources économiques.¹

L'une des premières méthodes de résolution en PL a été la *méthode du transport*. Cette méthode s'applique à un type bien précis de problèmes de PL, mais lorsque ce genre de problèmes se pose et qu'on doit trouver une solution manuellement, cette méthode est tout à fait indiquée. Il y a aussi La méthode du simplexe qui peut résoudre tous les problèmes que la méthode du transport peut solutionner en PL, mais l'inverse n'est pas vrai.

Le problème de transport en PL est un type particulier qui consiste habituellement à réduire au minimum les coûts de transport pour expédier certains produits de quelques sources, vers quelques destinations différentes. L'objet d'un problème de transport est d'acheminer au moindre coût une certaine quantité (matières ou produits) d'un ensemble de points à un autre.²

II-1-1-2- Caractéristique des problèmes de transport :

L'objectif est de déterminer les quantités à livrer à partir des sources vers des destinations de façon à minimiser le coût global de transport,³ de là on peut déduire les caractéristiques des problèmes de transport comme suit :

¹ محمد سالم الصغدي , بحوث العمليات - تطبيق وخوارزميات , دار وائل للطباعة والنشر والتوزيع , الاردن , 1999 , ص : 235

² PHELIZON J. F., « METHODES ET MODELES DE LA RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions ECONOMICA, Paris, 1998, p : 142

³ BAZARAA M. and Others, « LINEAR PROGRAMMING AND NETWORK FLOWS », WILEY Edition, 4th Edition, New Jersey (USA), 2010, p: 513

- Un ensemble défini et homogène d'unités complètes doit être expédié de quelques sources vers quelques destinations.
- Chaque source dispose d'une quantité précise d'unités à expédier pendant la période.
- Chaque destination doit recevoir un nombre précis d'unités pendant la période.
- Chaque unité devant être expédiée d'une source vers une destination a son propre coût de transport.
- L'objectif est de réduire au minimum les coûts de transport.
- Les variables de décisions sont : le nombre d'unités à être expédiées de chaque source vers chaque destination pendant une période donnée.

En effet, dans le problème de transport, ce que l'on cherche est une solution à un coût minimum, et pratiquement on se ramène toujours au cas où l'offre égale la demande : le total général des quantités disponibles aux origines correspond au total général des demandes aux différentes destinations. ¹

Exemple (1) : Un Problème De Transport en PL

Une compagnie pétrolière expédie ces produits finis à partir de trois raffineries vers trois entrepôts, les coûts d'expédition d'une unité (1 unité = 1000 litres) de chaque raffinerie vers chaque entrepôt sont les suivant :

Source	Destination		
	A	B	C
1	13	12	14
2	12	12	13
3	12	12	11

La raffinerie n°1 a une capacité mensuelle de 400 unités, la raffinerie n°2, une capacité mensuelle de 1000 unités, et la raffinerie n°3 une capacité mensuelle de 600 unités. Les demandes des entrepôts sont A : 300 unités, B : 900 unités, C : 800 unités.

Au moyen de la PL on peut établir la quantité mensuelle de produit fini qui devrait être expédiée de chaque source vers chaque entrepôt pour réduire au minimum les coûts d'expédition mensuels.

1- Définir l'objectif : minimiser les coûts d'expédition mensuels

¹ FAURE R. et autres, « PRECIS DE RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions DUNOD, 5^e édition, Paris, 2000, p : 144

2- Définir les variables de décision

X1 : unité de produit expédiée de 1 à A

X2 : unité de produit expédiée de 1 à B

X3 : unité de produit expédiée de 1 à C

X4 : unité de produit expédiée de 2 à A

X5 : unité de produit expédiée de 2 à B

X6 : unité de produit expédiée de 2 à C

X7 : unité de produit expédiée de 3 à A

X8 : unité de produit expédiée de 3 à B

X9 : unité de produit expédiée de 3 à C

3- Ecrire une fonction mathématique pour l'objectif :

$$\text{Minimum } Z = 13 X1 + 12 X2 + 14 X3 + 12 X4 + 12 X5 + 13 X6 \\ + 12 X7 + 12 X8 + 11 X9$$

4- Ecrire les contraintes :

$X1 + X2 + X3 = 400$ (capacité de la raffinerie n°1, en 1000 litres)

$X4 + X5 + X6 = 1000$ (capacité de la raffinerie n°2, en 1000 litres)

$X7 + X8 + X9 = 600$ (capacité de la raffinerie n°3, en 1000 litres)

$X1 + X4 + X7 = 300$ (demande de l'entrepôt A)

$X2 + X5 + X8 = 800$ (demande de l'entrepôt B)

$X3 + X6 + X9 = 900$ (demande de l'entrepôt C)

Nous pouvons trouver un certain nombre d'algorithmes pour résoudre les problèmes de transport et arriver à la solution optimale, y compris la méthode du Simplexe. Cependant, résoudre les problèmes de transport en utilisant la méthode du Simplexe nécessite de longs calculs et des tableaux à grande échelle, car le nombre de variables dans les problèmes de transport est relativement important, et grâce à l'utilisation d'algorithmes et de méthodes spéciales et spécifiques, tel que les méthodes de transport, pour atteindre la solution optimale sans pour autant rentrer dans les processus étendus des méthodes du simplexe qui est considérée comme une méthode générale.¹

II-1-2-3- Modalités d'application de la Méthode du Transport :

Les modalités d'application de la méthode du transport qui sont basées sur la méthode du stepping-stone.² Le principe de méthode stepping-stone consiste à

¹ محمد سالم الصفدي , بحوث العمليات - تطبيق وخوارزميات , دار وائل للطباعة والنشر والتوزيع , الاردن , 1999 , ص : 252

² THIEL D., « RECHERCHE OPERATIONNELLE ET MANAGEMENT DES ENTREPRISES », Editions ECONOMICA, Paris, 1990, p : 87

partir d'une solution réalisable de base que l'on améliore pas à pas. D'où le nom de la méthode.

- 1- Construire la matrice des coûts
- 2- Etablir une solution initiale
- 3- Vérifier si la solution est optimale en utilisant la technique du pivot de répartition. Si elle l'est, s'en tenir là. Si elle ne l'est pas, poursuivre l'opération.
- 4- Présenter une solution améliorée. Reprendre l'étape 3.

Nous nous y conformerons pour résoudre le problème de l'exemple (1)

Solution :

- 1- construire la matrice des coûts

Source	Destination			Total Des raffineries
	A	B	C	
1	13	12	14	400
2	12	12	13	1000
3	12	12	11	600
Total des entrepôts	300	900	800	2000

La capacité mensuelle de chaque raffinerie figure dans la colonne d'extrême droite, sur la ligne correspondant à chaque emplacement. De même, les demandes totales de chaque entrepôt sont inscrites aux bas de la colonne correspondante. Le coût d'expédition unitaire est indiqué dans le coin de la cellule raffinerie-entrepôt.

Par ailleurs, il faut souligner que la capacité totale de toutes les raffineries est égale à la demande totale de tous les entrepôts. S'il n'en était pas ainsi, il suffirait de créer soit une destination fictive (cas de l'excès de disponibilité) soit une origine fictive (cas de l'excès des demandes) en affectant à ce point fictif la différence entre les deux totaux généraux et on donnant une valeur nul au coût des nouvelles relations, de manière à ne pas troubler le processus de minimisation des coûts de transport des quantités effectivement transportées.¹

¹ FAURE R. et autres, « PRECIS DE RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions DUNOD, 5^e édition, Paris, 2000, p : 144

2- La Solution de Base :

Pour trouver la solution de base qui est une étape dans la recherche de la solution optimale, il faut préciser qu'il existe plusieurs méthodes mais nous nous sommes intéressés tout particulièrement aux trois méthodes à savoir : La méthode du coin Nord-Ouest, la méthode du coût minimum (HOUTHAKKER) et la méthode de Balas-Hammer.

La méthode du Coin Nord-Ouest : Le principe de cette méthode est simple, nous saturons les lignes et les colonnes de la matrice d'affectation en partant du coin Nord-Ouest en lui attribuant le plus possible d'unités. On procède ensuite par colonne, en allant de gauche à droite. Ce qu'il faut retenir c'est que cette méthode est facile et ne tient pas compte des coûts de transport.¹

La méthode du Coût Minimum (HOUTHAKKER) : A la lecture de la matrice des coûts, si on prend notre exemple (1) nous constatons que pour une raffinerie (i) il existe un entrepôt (j) pour lequel le coût unitaire de transport est moindre comparativement aux autres entrepôts, et la réciproque est tout aussi vraie donc il existe un débit mutuellement préférable entre (i) et (j), pour ce débit nous saturons la demande ou l'offre correspondante car l'affectation est égale au minimum entre l'offre de la raffinerie (i) et la demande de l'entrepôt (j). Nous supprimons dans la matrice des coûts la ligne ou la colonne saturée et nous recherchons dans la matrice des coûts réduite les nouveaux débits mutuellement préférables.

La méthode de Balas-Hammer : Elle consiste à calculer pour chaque rangée (ligne ou colonne) non saturée, et tant que cela s'avère possible, la différence entre le plus petit coût et le coût immédiatement supérieur ; à choisir la plus élevée de toutes les différences obtenues ; et à saturer l'origine ou la destination correspondante. Cette méthode est considérée parmi les plus performantes qui permettent de trouver une solution de base.²

Pour notre exemple (1) nous avons choisi de procéder par l'application de la méthode du coin Nord-Ouest afin de déterminer la solution de base :

¹ BAZARAA M. and Others, « LINEAR PROGRAMMING AND NETWORK FLOWS », WILEY Edition, 4th Edition, New Jersey (USA), 2010, p: 522

² PHELIZON J. F., « METHODES ET MODELES DE LA RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions ECONOMICA, Paris, 1998, p : 145

Source	Destination			Total Des raffineries
	A	B	C	
1	13 300	12 100	14	400
2	12	12 800	13 200	1000
3	12	12	11 600	600
Total des entrepôts	300	900	800	2000

On ne peut loger que 300 unités dans la cellule (1-A), car c'est là la demande de l'entrepôt A. On se déplace vers la droite, et on attribue les 100 unités restantes à la cellule (1-B), ce qui épuise la capacité de la raffinerie (1), qui est de 400 unités au total. On descend ensuite dans la colonne jusqu'à la cellule (2-B) où on peut placer 800 unités. Vers la droite ensuite, cellule (2-C), dans laquelle on loge 200 unités. On poursuit de la sorte jusqu'à ce que les 2000 unités aient été distribuées. Les coûts de transport mensuels de la solution initiale sont les suivants :

Raffinerie	Entrepôt	Nombre d'unités à expédier par mois	Coût de transport mensuel
1	A	300	$300 \times 13 = 3.900,00$
1	B	100	$100 \times 12 = 1.200,00$
2	B	800	$800 \times 12 = 9.600,00$
2	C	200	$200 \times 13 = 2.600,00$
3	C	600	$600 \times 11 = 6.600,00$
Totaux		2000	23.900,00

Cette méthode du coin Nord-Ouest est loin de la solution optimale et la moins efficace, donc cette méthode peut être perfectionnée par celle qui suit.

Application de la méthode du Coût Minimum :

Source	Destination			Total Des raffineries
	A	B	C	
1	13	12 400	14	400
2	12 300	12 500	13 200	1000
3	12	12	11 600	600
Total des entrepôts	300	900	800	2000

Le coût total sera :

Raffinerie	Entrepôt	Nombre d'unités à expédier par mois	Coût de transport mensuel
1	B	400	$400 \times 12 = 4.800,00$
2	A	300	$300 \times 12 = 3.600,00$
2	B	500	$500 \times 12 = 6.000,00$
2	C	200	$200 \times 13 = 2.600,00$
3	C	600	$600 \times 11 = 6.600,00$
Totaux		2000	23.600,00

En comparaison avec le coût obtenu par la méthode du coin Nord-Ouest, le coût est plus intéressant mais ne veut pas dire systématiquement que c'est la solution optimale.

Quelles que soit la méthode utilisée pour établir la solution base, car la distribution initiale est le point de départ pour démarrer une solution, et ensuite, on utilise la technique du pivot de répartition pour trouver la solution optimale.¹

3- Recherchez la solution optimale, on évalue systématiquement chacune des cellules vides que contient la matrice des coûts. En cherche ainsi à établir s'il y a possibilité de diminuer les coûts de transport totaux en utilisant certaines de ces cellules présentement vides.

Les étapes à suivre pour rechercher la solution optimale sont comme suit :²

a) choisir une des cellules vides de la dernière matrice des coûts

¹ محمد سالم الصفدي , بحوث العمليات - تطبيق وخوارزميات , دار وائل للطباعة والنشر والتوزيع , الأردن , 1999 , ص : 252

² FAURE R. et autres, « PRECIS DE RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions DUNOD, 5^e édition, Paris, 2000, p : 149

- b) Dessiner un circuit fermé entre cette cellule vide et d'autres cellules en n'utilisant que des lignes droites horizontales ou verticales. Le circuit peut chevaucher d'autres cellules occupées, mis à part la cellule vide (cellule pivot) que nous voulons évaluer.
- c) Partant de la cellule vide qui est évaluée, en se déplaçant dans le sens des aiguilles d'une montre, on accorde en alternance, des signes positifs (+) et négatifs (-) aux coûts de transport indiqués dans chaque coin du circuit construit à l'étape 2.
- d) Totalisez les coûts unitaires de transport qui se trouvent aux coins du circuit. Ces valeurs correspondent à la somme totale qu'il faudra ajouter ou enlever aux coûts de transport si l'on transfère une des unités à expédier dans la cellule vide. Une valeur positive indique une augmentation du coût ; une valeur négative, une diminution.
- e) Revenir à l'étape 1 et reprendre le processus jusqu'à ce que toutes les cellules vides aient été évaluées. La cellule vide qui sera occupée en premier est celle dont le circuit permet la plus grande diminution de coût.
- f) Lorsque les totaux de tous les circuits possibles sont positifs ou égaux à zéro, la solution est optimale. S'il existe des circuits donnant des valeurs négatives, chercher la solution optimale en revenant à l'étape 1.

Considérons d'abord la cellule vide (1-A)

$$\text{Coût du circuit} = +13 - 12 + 12 - 12 = +1,00$$

Source	Destination			Total Des raffineries
	A	B	C	
1	13 (+)	12 (-)	14	400
2	12 (+)	12 (-)	13	1000
3	12 (-)	12 (+)	11	600
Total entrepôts	300	900	8000	2000

Ensuite la cellule vide (1-C)

Coût du circuit = + 14 – 13 + 12 - 12 = +1,00

Source	Destination			Total Des raffineries
	A	B	C	
1	13 (+1)	12 400 (-)	14 (+1)	400
2	12 300	12 500 (+)	13 200 (-)	1000
3	12	12	11 600	600
Total des entrepôts	300	900	8000	2000

Ensuite la cellule vide (3-A)

Coût du circuit = + 12 – 12 + 13 – 11 = +2,00

Source	Destination			Total Des raffineries
	A	B	C	
1	13 (+1)	12 400	14 (+1)	400
2	12 300 (-)	12 500	13 200 (+)	1000
3	12 (+2)	12	11 600 (-)	600
Total des entrepôts	300	900	8000	2000

Ensuite la cellule vide (3-B)

Coût du circuit = + 12 – 12 + 13 – 11 = +2,00

Source	Destination			Total Des raffineries
	A	B	C	
1	13 (+1)	12 400	14 (+1)	400
2	12 300	12 500	13 200	1000
3	12 (+2)	12 (+2)	11 600	600
Total entrepôts	300	900	8000	2000

L'évaluation des cellules vides de la matrice des coûts n°1 est terminée. On estime que cette solution est optimale, car tous les circuits sont positifs.

Exemple (2) :

Considérons la matrice des coûts unitaires suivante :

	1	2	3	4	5	Offre
A	3	2	1	2	1	85
B	3	1	3	2	1	55
C	9	9	2	9	9	10
D	1	2	1	1	3	50
Demande	25	40	35	60	40	200

1) La solution de base :

Il est bien évident que si la solution de base initiale du problème a été construite en essayant d'obtenir un coût total peu élevé, la procédure d'optimisation sera considérablement abrégée.³ Cela dit, si nous étions en mesure d'utiliser un ordinateur pour trouver la solution optimale, il est préférable d'utiliser la méthode du coin Nord-Ouest comme solution de base vu la facilité de d'affectation des quantités à distribuer.⁴

³ FAURE R. et autres, « PRECIS DE RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions DUNOD, 5^e édition, Paris, 2000, p : 150

⁴ محمد سالم الصفدي , بحوث العمليات - تطبيق وخوارزميات , دار وائل للطباعة والنشر والتوزيع , الاردن , 1999 , ص : 252

Donc pour cet exemple, nous avons choisi de procéder par l'application de la méthode du coût minimum, nous obtenons la solution de base suivante :

	1	2	3	4	5	Offre
A	3	2	1	2	1	85
B	3	1	3	2	1	55
C	9	9	2	9	9	10
D	1	2	1	1	3	50
Demande	25	40	35	60	40	200

Le coût total de cette solution de base est 305.

2) Vérifier si la solution est optimale en utilisant la technique du pivot de répartition.

	1	2	3	4	5	Offre
A	(+1) 3	(+1) 2	35 1	10 2	40 1	85
B	(+1) 3	40 1	(+2) 3	15 2	(0) 1	55
C	(0) 9	(+1) 9	(-6) 2	10 9	(+1) 9	10
D	25 1	(+2) 2	(+1) 1	25 1	(+3) 3	50
Demande	25	40	35	60	40	200

L'évaluation des cellules vides de la matrice des coûts n°1 est terminée. On constate que cette solution n'est pas optimale, car le circuit (C-3) est négatif. On peut réduire les frais de transport mensuel en remplaçant un certain nombre d'unités dans cette cellule vide.

3) On obtient une solution améliorée en déplaçant le plus d'unités possibles vers la cellule vide (de la matrice des coûts n°1) dans le circuit présente le coût négatif le plus élevé.

	1	2	3	4	5	Offre
A	3	2	1	2	1	85
B	3	1	3	2	1	55
C	9	9	2	9	9	10
D	1	2	1	1	3	50
Demande	25	40	35	60	40	200

Diagramme de circuit (C-3) à C-4 :

- Cellule (A-3) : 35 (positif)
- Cellule (A-4) : 10 (positif)
- Cellule (C-3) : -6 (négatif, entouré en jaune)
- Cellule (C-4) : 10 (positif)

Flèches de circuit : (A-3) → (A-4) (+), (A-4) → (C-4) (-), (C-4) → (C-3) (+), (C-3) → (A-3) (-).

Le nombre maximal d'unités qui peut être déplacé vers la cellule vide de (C-3) est de 10 [le plus petit nombre d'unités contenu dans une cellule négative du circuit (C-4)]. Il reste à déduire 10 unités de toutes les cellules négatives et à l'ajouter aux cellules positives du circuit. Toutes les cellules ne faisant pas partie du circuit demeurent intactes.

	1	2	3	4	5	Offre
A	3	2	1	2	1	85
B	3	1	3	2	1	55
C	9	9	2	9	9	10
D	1	2	1	1	3	50
Demande	25	40	35	60	40	200

Les coûts de transport figurant à la dernière matrice des coûts sont de 245

La première matrice présentait des coûts de transport de 305 ; la deuxième fait état de coûts de 245 Pour savoir si cette solution est optimale, on procède comme en 2).

	1	2	3	4	5	Offre
A	(+1) ³	(+1) ²	25 ¹	20 ²	40 ¹	85
B	(+1) ³	40 ¹	(+2) ³	15 ²	(0) ¹	55
C	(+6) ⁹	9 ⁹	10 ²	(+6) ⁹	(+7) ⁹	10
D	25 ¹	(+2) ²	(+1) ¹	25 ¹	(+3) ³	50
Demande	25	40	35	60	40	200

Tous les coûts des circuits sont positifs ou égaux à zéro ; la solution de la matrice des coûts n°2 est donc optimale.

Il convient de dire que la valeur des résultats obtenus par les méthodes de transport dépend surtout de la finesse de l'analyse effectuée et de la qualité des informations rassemblées.

Concernant les problèmes de minimisation des coûts de transport, il existe à côté de l'algorithme du simplexe et les méthodes de résolutions de transport que nous venons de voir, d'autres algorithmes d'une aussi grande efficacité sur le plan pratique tel que la théorie des graphes.

II-2- LA THEORIE DES GRAPHES :

Tous les algorithmes de problème de transport, que nous avons vu précédemment, sont basés sur les concepts de matrices numériques et d'opérations arithmétiques pour trouver la solution optimale, cependant concernant l'utilisation de la théorie des graphes pour trouver des solutions aux problèmes de transport, est basé sur une représentation du problème sous forme graphique.⁵

محمد سالم الصفدي , بحوث العمليات - تطبيق وخوارزميات , دار وائل للطباعة والنشر والتوزيع , الاردن , 1999 , ص : 321 ⁵

L'histoire de la théorie des graphes débute peut-être avec les travaux de Leonhard Paul Euler au 18^e siècle et trouve son origine dans l'étude de certains problèmes, tels que celui des ponts de Königsberg (aujourd'hui Kaliningrad) les habitants de Königsberg se demandaient s'il était possible, en partant d'un quartier quelconque de la ville, de traverser tous les ponts sans passer deux fois par le même point et de revenir à leur point de départ, la marche du cavalier sur l'échiquier ou le problème de coloriage de cartes.⁶

La théorie des graphes s'est alors développée dans diverses disciplines telles que la chimie (isomères), la biologie, les sciences sociales (réseaux de transports), gestion de projets, informatique (topologie des réseaux, complexité algorithmique), etc... Depuis le début du 20^e siècle, elle constitue une branche à part entière des mathématiques, grâce aux travaux de König, Menger, Cayley puis de Berge et d'Erdős.⁷

De manière générale, un graphe permet de représenter la structure, les connexions d'un ensemble complexe en exprimant les relations entre ses éléments : réseau de communication, réseaux routiers, circuits électriques, ...

Les graphes permettent de manipuler plus facilement des objets et leurs relations avec une représentation graphique. L'ensemble des techniques et outils mathématiques mis au point en Théorie des Graphes, permet de démontrer facilement des propriétés et d'en déduire des méthodes de résolution, des algorithmes, ...

Les derniers travaux en théorie des graphes sont souvent effectués par des informaticiens, du fait de l'importance qu'y revêt l'aspect algorithmique.

Dans cette partie du chapitre on va essayer de donner un aperçu sur la théorie des graphes et ces applications dans le domaine du transport.

II-2-1 QUELQUES DEFINITIONS LIES A LA THEORIE DES GRAPHES :

Les graphes sont ainsi nommés parce qu'ils peuvent être représentés graphiquement, et c'est leur représentation graphique qui nous aide à comprendre beaucoup de leurs propriétés.⁸

⁶ FOURNIER J.C., « THEORIE DES GRAPHES ET APPLICATIONS », Editions LAVOISIER, Paris, 2006, p : 201

⁷ PHELIZON J. F., « METHODES ET MODELES DE LA RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions ECONOMICA, Paris, 1998, p : 11

⁸ BONDY J.A. and MURTY U.S.R., « GRAPH THEORY », Editions Springer, CA - USA, 2010, p : 2

Un *graphe* permet de décrire un ensemble d'objets et leurs relations, c'est à dire toutes sortes de situations d'organisation, par exemple, un réseau où le graphe comportant une entrée et une sortie, peut correspondre à des canalisations où circule un fluide (liquide, gaz).⁹

Les objets ou les points sont appelés les *nœuds*, ou encore les *sommets* du graphe. Une ligne reliant les deux objets ou les extrémités est appelée une *arête* (pour les graphes non orientés) ou un *Arc* (pour les graphes orientés). En donnant un sens aux arêtes d'un graphe, on obtient un digraphe (ou graphe orienté).

Un digraphe fini $G = (V, E)$ est défini par l'ensemble fini $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ ($|V| = n$) dont les éléments sont appelés sommets, et par l'ensemble fini $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ ($|E| = m$) dont les éléments sont appelés arcs.

Dans un graphe il est naturel de vouloir se déplacer de sommet en sommet en suivant les arcs ou les arêtes, une telle marche est appelée un *chemin*.¹⁰

On appelle un chemin (circuit) *hamiltonien* quand le chemin passe une et une seule fois par tous les sommets du graphe et on appelle un chemin (circuit) *eulérien* quand le chemin passe une et une seule fois par tous les arcs du graphe.¹¹

Les graphes constituent donc une méthode de pensée qui permet de modéliser une grande variété de problèmes en se ramenant à l'étude de sommets et d'arcs.

On peut représenter un digraphe par une matrice d'adjacences. Une matrice ($n \times m$) est un tableau de n lignes et m colonnes. (i, j) désigne l'intersection de la ligne i et de la colonne j . Dans une matrice d'adjacences, les lignes et les colonnes représentent les sommets du graphe. Un 1 à la position (i, j) signifie qu'un arc part de i pour rejoindre j .

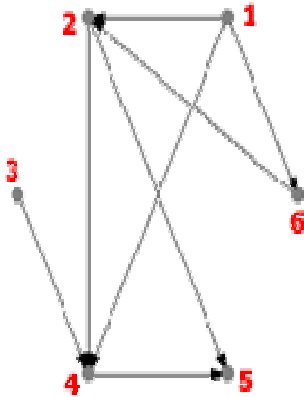
Exemple (3) :

Voici la matrice d'adjacences du digraphe G:

⁹ FAURE R. et autres, « PRECIS DE RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions DUNOD, 5^e édition, Paris, 2000, p : 68

¹⁰ BONDY J.A. and MURTY U.S.R., « GRAPH THEORY », Editions Springer, CA - USA, 2010, p : 4

¹¹ TEGHEM J., « RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions Ellipses, Paris, 2012, p : 475



$$M = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Cette matrice à plusieurs caractéristiques:

1. Elle est carrée: il y a autant de lignes que de colonnes.
2. Il n'y a que des zéros sur la diagonale. Un 1 sur la diagonale indiquerait une boucle.¹²
3. Contrairement au cas non orienté, elle n'est pas symétrique

II-2-2 APPLICATION DES GRAPHES DANS LES PROBLEMES DE TRANSPORT :

La théorie des graphes est l'un des instruments les plus efficaces pour représenter (modéliser), puis résoudre de nombreux problèmes qui sont posés dans la recherche opérationnelle d'une manière générale et en particulier aux problèmes de transport de marchandise d'un lieu à un autre ou d'un problème de circulation.¹³

Les applications de la théorie des graphes sont nombreuses et dans les domaines les plus variés : transport, logistique, réseaux de télécommunication et informatique, gestion de production, etc.¹⁴

Lorsqu'un chemin existe entre deux sommets dans un graphe, nous nous posons rapidement la question non seulement de trouver un tel chemin, mais

¹² PHELIZON J. F., « METHODES ET MODELES DE LA RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions ECONOMICA, Paris, 1998, p : 21

¹³ BOUTALEB K., « THEORIE DE LA DECISION », Office des Publications Universitaires, Alger, 2006, p : 102

¹⁴ TEGHEM J., « RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions Ellipses, Paris, 2012, p : 471

bien souvent nous sommes intéressés par la notion du *plus court chemin* possible entre ces deux sommets.

Résoudre ce problème va donc consister à proposer un algorithme, aussi rapide que possible. Le problème de trouver un plus court chemin est le premier *problème d'optimisation* auquel nous sommes confrontés.¹⁵

La notion du plus court chemin dans le cas de graphes valués, où chaque arc e , est associée à une valeur, appelée souvent son poids, $c(e)$. La valuation des arcs peut représenter des coûts de transit, des distances kilométriques, le temps nécessaire pour parcourir les arcs,...

Nous voulons alors trouver le plus court chemin, non en nombre d'arcs, mais plutôt le chemin de poids minimum, celui dont la somme des poids des arcs est la plus faible possible. Cette approche est utilisée dans la résolution dans beaucoup de problèmes tel que l'ordonnancement, les problèmes d'affectation, ... et on retrouve aussi son utilisation dans la résolution des problèmes de transport tels que :

- La Programmation Dynamique pour la détermination des chemins optimaux qui est basé sur le principe d'optimalité « tout chemin optimal est composé de sous-chemins optimaux »¹⁶
- Problèmes de flot dans un réseau de transport

II-2-3 LA PROGRAMMATION DYNAMIQUE ET LA DETERMINATION DU CHEMIN OPTIMAL :

La programmation dynamique est une démarche qui vise à optimiser le rendement total d'une série de décisions séquentielles interdépendantes que nous prenons à différentes étapes. Cette idée fondamentale a été généralisée sous forme d'un principe : Toute partie d'un chemin optimal est, elle-même, optimale.¹⁷

Richard Bellman qui est le premier à avoir décrit l'algorithme qui permet de traiter un problème par optimisation séquentielle, étape par étape pour dégager une solution (on parle aussi de politique) optimale pour l'ensemble de la

¹⁵ FAURE R. et autres, « PRECIS DE RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions DUNOD, 5^e édition, Paris, 2000, p : 81

¹⁶ TEGHEM J., « RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions Ellipses, Paris, 2012, p : 492

¹⁷ FAURE R. et autres, op. cit., p : 95

séquence. Le principe d'optimalité de Bellman s'énonce d'ailleurs ainsi : « Une politique optimale est formée de sous-politiques optimales ». ¹⁸

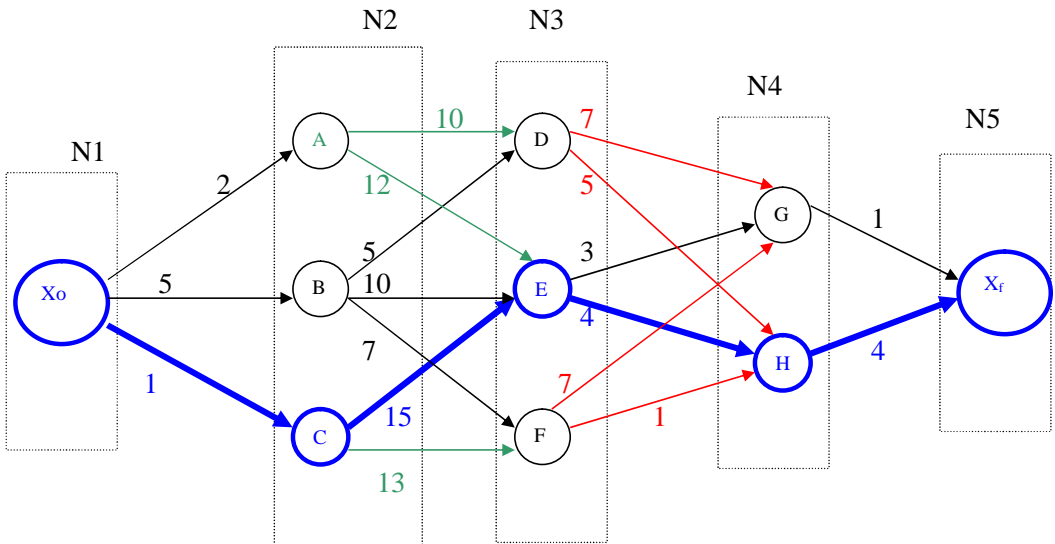
A chaque étape correspond un certain nombre de situations. A chaque situation, un certain nombre de décisions alternatives se présente, toute décision étant associée à une situation de l'étape précédente et à une situation de l'étape suivante.

On suppose que l'on travaille sur un graphe *orienté* valué sans circuit $G = (X, E)$, avec $|X| = n$ et $|E| = m$.

On considère un chemin depuis un sommet X_o (la *source*) vers un sommet X_f (la *destination*).

II-2-3-1 Recherche d'un chemin de valeur maximale dans un graphe :

Exemple (4) :



- On marque le sommet - Xo - de la valeur « 0 »
- On procède au marquage des sommets du 2eme niveau N2, on marque chaque sommet de ce niveau d'une valeur égale à la valeur

¹⁸ TEGHEM J., « RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions Ellipses, Paris, 2012, p : 437

du chemin de valeur maximal situé entre - X_o - et ce sommet, ainsi
A sera marqué : $0 + 2 = 2$, B : $0 + 5 = 5^*$ et C : $0 + 1 = 1$

- On marque ensuite les sommets de niveau N3,
D : $2 + 10 = 12^*$, $5 + 5 = 10$, ainsi le chemin de valeur maximal de
 X_o à - D - est celui qui passe par - A - sa valeur est 12, on marque le
sommet - D - de 12
E : $2 + 12 = 14$, $5 + 10 = 15$, $1 + 15 = 16^*$, - E - : 16
F : $5 + 7 = 12$, $1 + 13 = 14^*$, - F - : 14
- On marque ensuite les sommets du niveau N4, - G - : 21, - H - : 20
- On procède enfin au marquage du sommet terminal X_f : 24
- On a ainsi obtenu le chemin de valeur maximal = 24, ce chemin est
(X_o - C - E - H - X_f)

II-2-3-2 Recherche d'un chemin de valeur minimale dans un graphe :

Le chemin de valeur minimale dans un graphe peut survenir dans diverse situation en relation avec le transport tel que la logistique dans lequel des personnes et des matériaux sont déplacés entre différents points du monde.¹⁹

L'objectif est d'optimiser le résultat global par le choix d'une série de décisions séquentielles. Cette optimisation est fondée sur le principe d'optimisation séquentielle qui permet de définir une solution optimale par successions de choix séquentiels optimaux. Ce principe est basé sur une technique « d'optimisation arrière », qui consiste à traiter les problèmes de transport en partant du point d'arrivée et en remontant progressivement vers le début, étape par étape.²⁰

Cette méthode permet de chercher une décision ou une solution optimale au niveau de la dernière étape, ensuite d'optimiser les décisions au niveau de l'avant dernière étape en tenant compte des résultats de la dernière étape et de passer ensuite à l'étape précédente dont l'optimisation de décision intègre les résultats de l'avant dernière étape, et de continuer ainsi en reculant d'étape à étape jusqu'aux situations de la première étape dont l'acte d'optimisation nous

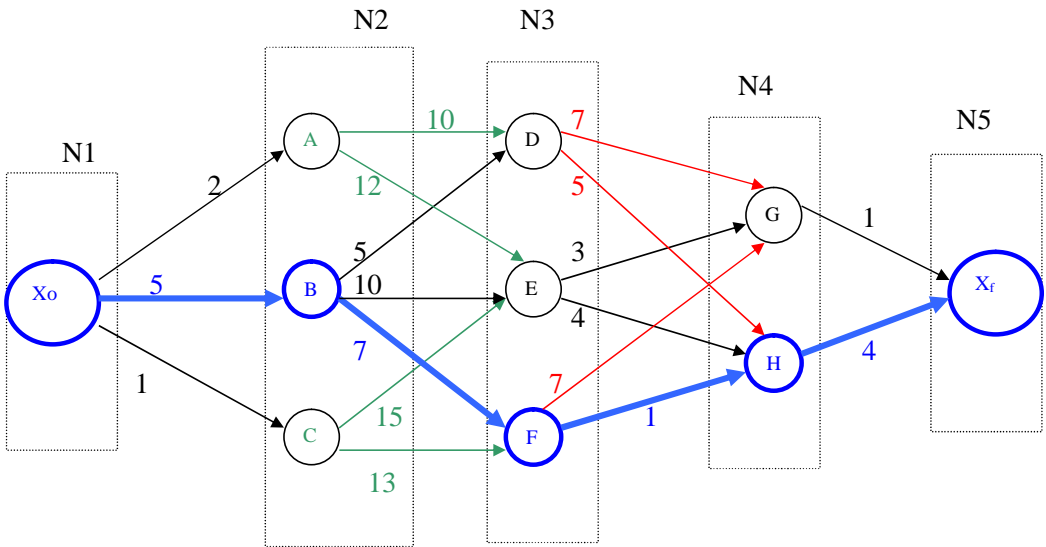
¹⁹ BAZARAA M. and Others, « LINEAR PROGRAMMING AND NETWORK FLOWS », WILEY Edition, 4th Edition, New Jersey (USA), 2010, p: 454

²⁰ THIEL D., « RECHERCHE OPERATIONNELLE ET MANAGEMENT DES ENTREPRISES », Editions ECONOMICA, Paris, 1990, p : 113

permet de dégager le processus décisionnel à réaliser d'étape en étape pour un rendement optimal global.²¹

Dans notre exemple, il est possible de déterminer de façon très simple l'itinéraire le moins coûteux. Il suffirait de parcourir tous les chemins de X_0 à X_f d'évaluer la somme des coûts de transport entre les sommets et de les comparer.

Exemple (5):



- On marque le sommet - X_f - de la valeur « 0 »
- On procède au marquage des sommets du 4^{ème} niveau N4, on marque chaque sommet de ce niveau d'une valeur égale à la valeur du chemin de valeur minimal situé entre - X_f - et ce sommet, ainsi « G » sera marqué : $0 + 1 = 1$, « H » : $0 + 4 = 4$
- On marque ensuite les sommets de niveau N3,
 - D : $7 + 1 = 8^*$, $5 + 4 = 9$, ainsi le chemin de valeur minimal de X_f à « D » est celui qui passe par « G » sa valeur est 8, on marque le sommet « D » de 8
 - E : $3 + 1 = 4^*$ et $4 + 4 = 8$, « E » : 4 (avec le successeur G)

²¹ BENMAZOUZ B., « RECHERCHE OPERATIONNELLE DE GESTION », ATLAS Editions, Algérie, 1995, page : 176

F : $1 + 7 = 8$, $1 + 4 = 5^*$, « F » : 5 (avec le successeur H)

- On marque ensuite les sommets du niveau N2,
 - « A » : 16 (avec E comme successeur)
 - « B » : 12 (avec F comme successeur)
 - « C » : 18 (avec F comme successeur)
- On procède enfin au marquage du sommet « Xo » : 17
- On a ainsi obtenu le chemin de valeur minimal = 17, ce chemin est (Xo - B - F - H - Xf)

Dans cette application très simple, le chemin optimal a été déterminé en quelques étapes de calcul, mais à titre indicatif avec un réseau de transport de vingt étapes obligatoires et à chaque étape cinq passages possibles, le nombre de chemins différents seraient de 104 587.²²

II-2-4 PROBLEMES DE FLOT OPTIMAL DANS UN RESEAU DE TRANSPORT :

Les problèmes de flot et leurs dérivés tel que problèmes de transport, d'affectation,... constituent un très important domaine d'application de la théorie des graphes.²³ Ils constituent à organiser de façon optimale, sous diverses contraintes, les mouvements de certaines quantités d'un bien dans un réseau comme par exemple l'acheminement d'un produit depuis les centres de production vers les centres de distributions compte tenu des capacités sur des bateaux, des camions, des wagons ou encore des débits dans des oléoducs, les canalisations d'eaux, ...

Les caractéristiques des flux élémentaires sont supposées suffisantes pour définir n'importe quelle politique de flot, on distingue des caractéristiques physiques telles que les capacités de débit, d'écoulement et de réception, c'est à dire les quantités maximales pouvant être livrées, et des caractéristiques économiques telles que les coûts unitaires de mouvement ou d'attente.²⁴

Dans cette partie, nous présentons deux algorithmes de base pour l'étude des problèmes de flot dans un réseau avec capacités, le premier permet

²² THIEL D., « RECHERCHE OPERATIONNELLE ET MANAGEMENT DES ENTREPRISES », Editions ECONOMICA, Paris, 1990, p : 115

²³ FOURNIER J.C., « THEORIE DES GRAPHE ET APPLICATIONS », Editions LAVOISIER, Paris, 2006, p : 178

²⁴ DROESBEKE F. et autres, « LES GRAPHE PAR L'EXEMPLE », Editions ELLIPSES, Paris, 1987, p : 179

l'obtention d'un flot de valeur maximale et le second, l'obtention d'un flot de valeur donnée avec coût minimum.

II-2-4-1 Flot de valeur maximale – Algorithme de FORD - FULKERSON :

Le réseau de transport sera défini, en terme de théorie de graphe, comme étant un graphe connexe fini sans boucle caractérisé par :

- Un sommet X_0 et un seul : il n'existe aucun arc incident à X_0 vers l'intérieur, X_0 est appelé entrée du réseau
- Un sommet X_n sortie du réseau : il n'existe aucun arc incident à X_n vers l'extérieur.
- Les arcs sont valués par la capacité de transport (tonnages transportable par camions, avions, ... ou débit dans des canalisations)

En général, le problème se pose d'une manière plus complexe, il s'agit d'acheminer le maximum de quantités en plusieurs points de départ, vers un certain nombre de points de destinations on tenant compte de :

- ❖ Les disponibilités de chaque point de départ
- ❖ Les besoins de chaque point de destination
- ❖ Les capacités de transport

Ce type de problème se ramène à un problème d'optimisation de réseau du transport en constituant un graphe ayant pour sommets les points de départ (X_1, X_2, \dots, X_p), les points de destination ($X_{p+1}, X_{p+2}, \dots, X_{n-1}$), auxquels nous leurs ajoutons respectivement, un sommet fictif d'entrée X_0 (dit source) et un sommet fictif de sortie (dit puits) X_n .²⁵

Précisons que dans ce type de problème, nous ne cherchons pas à optimiser le coût global du transport, mais à optimiser la quantité globale à transporter.

Nous appelons flot dans un réseau « T » tout ensemble de quantité non négatives $Q = \{Q_{ij}, (X_i, X_j) \in U\}$, ce flot est réalisable s'il satisfait les contraintes de capacités des arcs et de conservation de flux ²⁶:

²⁵ AZOULAY P. et DASSONVILLE P., « RECHERCHE OPERATIONNELLE DE GESTION », Presses Universitaires de France, 1ère édition, 1976, p : 188

²⁶ DROESBEKE F. et autres, « LES GRAPHE PAR L'EXEMPLE », Editions ELLIPSES, Paris, 1987, p : 180

- $Q_{ij} \leq C_{ij}$, où C_{ij} représente la capacité de l'arc $\overline{X_i X_j}$
- soit X_m un sommet du graphe, $W^+(X_m)$: l'ensemble des arcs aboutissant intérieurement au sommet X_m

Et

$W^-(X_m)$: L'ensemble des arcs incidents extérieurement au sommet X_m

Nous supposons que la somme des flots à travers les arcs incidents intérieurement est égale à la somme des flots à travers les arcs incidents extérieurement à un sommet X_m , en tout sommet X_m nous pourrons écrire :

$$\sum_{X_i X_j \in W^+(X_m)} Q_{ij} = \sum_{X_i X_j \in W^-(X_m)} Q_{ij} \quad \text{cette égalité est connue sous le}$$

nom de la loi de KIRCHOFF, tout ce qui arrive en un sommet x est égal à ce qui en part.²⁷

$$\circ \sum_{X_i X_j \in W^+(X_1)} Q_{ij} = \sum_{X_i X_j \in W^-(X_n)} Q_{ij} = \phi(W)$$

$\phi(W)$: représente le volume total que met en circulation le flot réalisable, est appelé la valeur du flot W

Un flot est de valeur maximal s'il maximise cette valeur $\phi(W)$, ce problème peut être traduit sous forme d'un programme linéaire et peut se résoudre aussi au moyen du simplexe, cependant et vue la structure très particulière du programme, d'autres méthodes sont plus efficaces tel que l'algorithme de FORD-FULKERSON pour déterminer la valeur maximale que peut prendre le flot.

- *Théorème de FORD-FULKERSON :*

Tout flot à travers le réseau a nécessairement une valeur inférieure ou égale à la capacité de n'importe quelle coupe. Nous appellerons coupe minimale, la coupe dont la capacité est la plus faible.

²⁷ TEGHEM J., « RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions Ellipses, Paris, 2012, p : 506

Ainsi dans un réseau de transport, tout flot a nécessairement une valeur inférieure à la valeur de la coupe minimale et le flot maximal a pour valeur la capacité de la coupe minimale. Cette proposition constitue le théorème de FORD-FULKERSON.²⁸

Une coupe dans le réseau « T » est une partition $K = (P, Q)$ de X en deux sous-ensembles P et Q tel que $X_1 \in P$ et $X_n \in Q$. La capacité d'une telle coupe est définie par $C(K) = \sum_{(X_i, X_j) \in U} C_{ij}$ avec $X_i \in P$ et $X_j \in Q$.²⁹

Une coupe dans un réseau est un ensemble d'arcs déconnectant la source du puits, c'est-à-dire qu'il n'existe plus de chemin orienté de X_0 à X_n

- Algorithme de FORD-FULKERSON :

L'algorithme de FORD-FULKERSON se propose de déterminer une procédure itérative d'amélioration des solutions, jusqu'à trouver la solution optimale qui permet de faire passer le flot maximum à travers le réseau

- 1- Partir d'une solution de base, faire passer un flot en respectant les deux conditions : le flot est compatible avec les capacités des arcs, la loi de KIRCHOFF est respectée en chacun des sommets
- 2- Chercher un flot complet. On a un flot complet lorsque tout chemin allant de la source X_0 au puit X_n contient au moins un arc saturé (capacité totalement utilisée)
- 3- Marquer les sommets du réseau³⁰ : l'objet du marquage est de mettre en évidence des chaînes (séquence d'arcs adjacents) d'origine X_0 et d'extrémité X_n tel que :
 - Tout arc situé dans le sens de progression source-puits ne soit pas saturé
 - Tout arc situé dans le sens de progression puits-source ne soit pas de flot nul.

Si une telle chaîne existe on peut améliorer le flot à travers le réseau en augmentant le flot des arcs non saturés d'une quantité au plus ($r_{ij} = C_{ij} - Q_{ij}$ strictement supérieur à 0) et en diminuant le flot des

²⁸ AZOULAY P. et DASSONVILLE P., « RECHERCHE OPERATIONNELLE DE GESTION », Presses Universitaires de France, 1ère édition, 1976, p : 191

²⁹ DROESBEKE F. et autres, « LES GRAPHES PAR L'EXEMPLE », Editions ELLIPSES, Paris, 1987, p : 181

³⁰ TEGHEM J., « RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions Ellipses, Paris, 2012, p : 510

arcs non nul d'une quantité au plus ($r_{ij} = Q_{ij}$ strictement supérieur à 0), tout en respectant la loi de KIRCHOFF.

- 4- Si, par cette méthode, le puits X_n est marqué, alors il existe une chaîne allant de X_0 à X_n qui permet d'améliorer le flot complet précédent ; sinon le flot complet obtenu précédemment est optimal et il est impossible de marquer X_n .

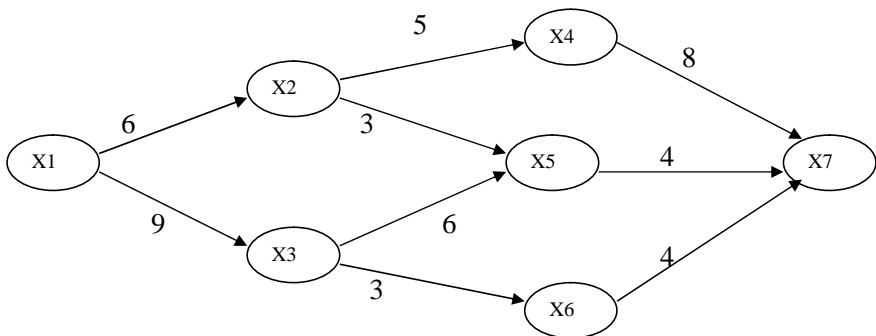
On peut associer au flot Q existant au début de chaque étape un graphe $G(Q) = (X, U(Q))$ dit graphe d'écart ou Réseau résiduel

Le réseau résiduel $G(Q)$ associé à un flot « Q » sur un réseau « T » est un réseau comprenant les mêmes sommets que « T ». A chaque arc (X_i, X_j) de « T » est associé dans $G(Q)$:³¹

- L'arc forward (X_i, X_j) de capacité $C_{ij} - Q_{ij}$
- L'arc backward (X_j, X_i) de capacité Q_{ij}

Exemple (6) :

Obtenir un flot de valeur maximale dans le réseau ci-dessous (les nombres associés aux arcs représentent les capacités :

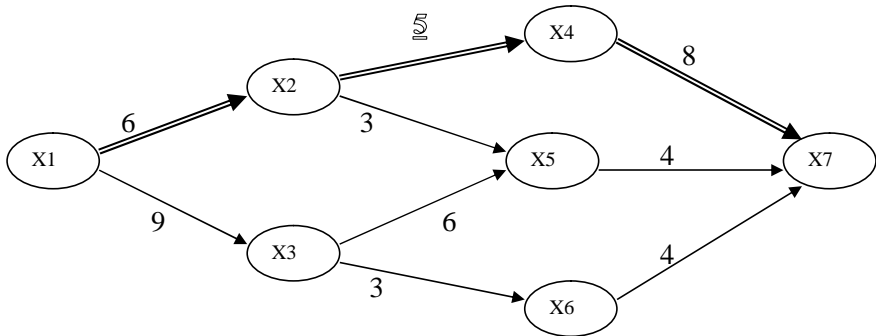


Considérons le flot réalisable initial $Q = \{Q_{ij} = 0, (X_i, X_j) \in U\}$, de valeur $\phi(Q) = 0$. Ce flot nulle, qui ne fait rien transiter sur les arcs est toujours un flot possible (il respecte la loi de conservation et les capacités).

³¹ TEGHEM J., « RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions Ellipses, Paris, 2012, p : 511

Etape 1 :

Puisque le flot réalisable initial est le flot nul, le graphe d'écart associé $G(Q)$ est identique au graphe G , et les capacités résiduelles r_{ij} sont égales aux capacités C_{ij} .

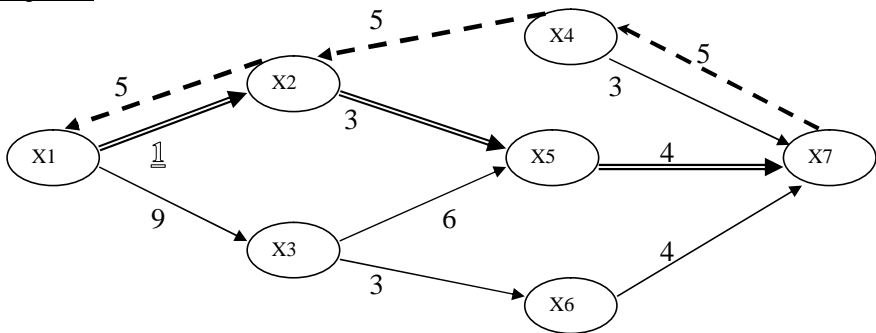


Le chemin choisi allant de X_1 à X_7 dans $G(Q)$ est indiqué par un trait double

Comme la loi de KIRCHOFF doit être respectée en chacun des sommets, alors $\alpha = \min \{6, 5, 8\} = 5$, le flot initial peut être amélioré de la quantité $\alpha = 5$ et $\phi(Q) = 0 + 5 = 5$, les nouvelles composantes du flot sont : $Q_{12} = Q_{24} = Q_{47} = 5$, avec $Q_{ij} = 0$ pour tous les autres $(X_i, X_j) \in U$.

Ce flot sert de flot initial pour l'étape 2.

Etape 2 :

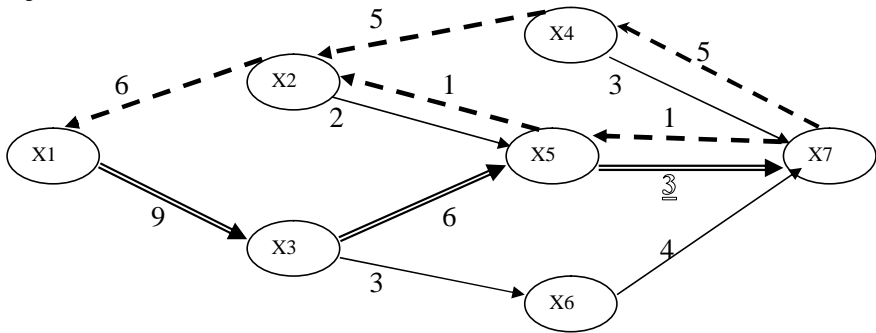


Le chemin choisi allant de X_1 à X_7 dans $G(Q)$ est indiqué par un trait double

Comme $\alpha = \min \{1, 3, 4\} = 1$, le flot obtenu à l'étape 1 peut être amélioré de la quantité $\alpha = 1$ et $\phi(Q) = 5 + 1 = 6$, les nouvelles composantes du flot sont : $Q_{12} = 6$; $Q_{24} = Q_{47} = 5$; $Q_{25} = Q_{37} = 1$, avec $Q_{ij} = 0$ pour tous les autres $(X_i, X_j) \in U$.

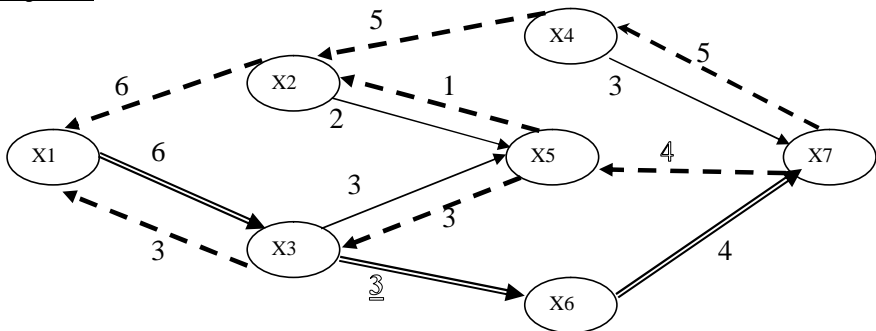
Ce flot sert de flot initial pour l'étape 3.

Etape 3 :



$\alpha = 3$ et $\phi(Q) = 6 + 3 = 9$

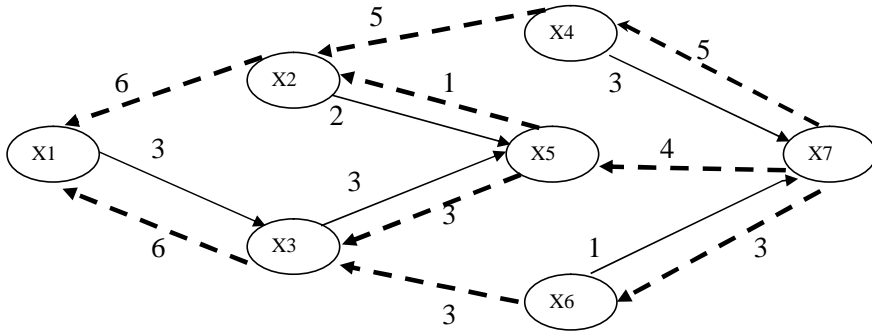
Etape 4 :



$\alpha = 3$ et $\phi(Q) = 9 + 3 = 12$

Etape 5 :

Le graphe d'écart obtenu à l'étape 4 est le suivant



Comme il n'existe pas de chemin joignant X1 à X7 dans G (Q), le flot obtenu à l'étape 4 est optimal avec une valeur maximal égale à 12.

On remarque aussi que la coupe optimale (P, Q) correspond à la partition de l'ensemble des sommets de G en :

P = ensemble des sommets accessibles à partir de X1 dans G (Q) ;

Q = ensemble des sommets non accessibles à partir de X1 dans G (Q).

II-2-4-2 Flot de coût minimum :

Dans de nombreuses applications, il est nécessaire de considérer le coût unitaire de transport le long de l'arc.³²

Soit T = (X, U, C) un réseau avec capacité, supposons qu'à chaque arc $(X_i, X_j) \in U$ est associé un nombre réel f_{ij} qui représente le coût unitaire de mouvement de matière le long de cet arc. Le coût total d'un flot réalisable Q, noté f(Q) est défini comme la somme des coûts associés au flux élémentaire

$$Q_{ij} : f(Q) = \sum_{(X_i, X_j) \in U} f_{ij} Q_{ij}$$

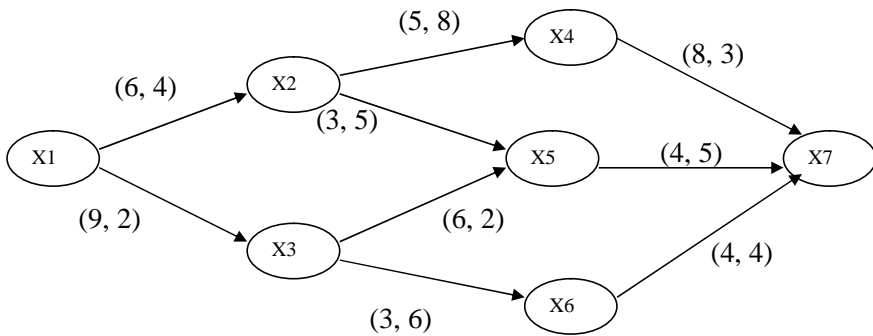
³² TEGHEM J., « RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions Ellipses, Paris, 2012, p : 513

Considérons l'ensemble des flots réalisables \mathcal{Q} de même valeur ϕ_0 ($0 \leq \phi_0 \leq \phi_m$). Un flot de cet ensemble est dit de coût minimal s'il minimise le coût total $F(\mathcal{Q})$, l'algorithme qui permet l'obtention d'un tel flot est l'extension directe de l'algorithme de FORD-FULKERSON.³³

Pour minimiser les coûts de circulation de matière, il faut déterminer à chaque étape un chemin de coût minimum.

Exemple (7) :

Obtenir un flot de valeur ϕ_0 ($0 \leq \phi_0 \leq \phi_m$) de coût minimal dans le réseau ci-dessous (les couples de nombres associés aux arcs représentent respectivement, les capacités et les coûts unitaires) :



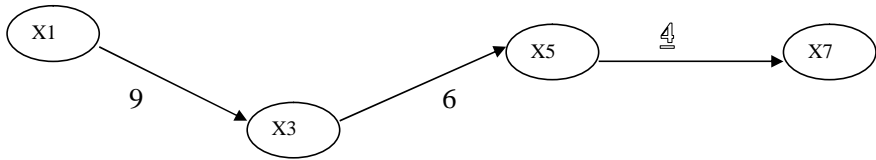
Considérons le flot réalisable initial $\mathcal{Q} = \{Q_{ij} = 0, (X_i, X_j) \in U\}$, de valeur $\phi(\mathcal{Q}) = 0$.

Etape 1 :

Puisque le flot réalisable initial est le flot nul, le graphe d'écart associé $G(\mathcal{Q})$ est identique au graphe G

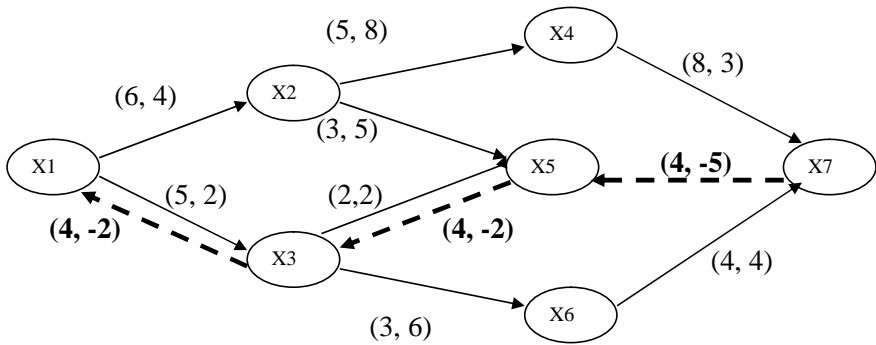
On considère d'abord un chemin de longueur minimale pour les coûts qui est de 2 pour notre exemple, joignant X1 à X7

³³ DROESBEKE F. et autres, « LES GRAPHES PAR L'EXEMPLE », Editions ELLIPSES, Paris, 1987, p : 197

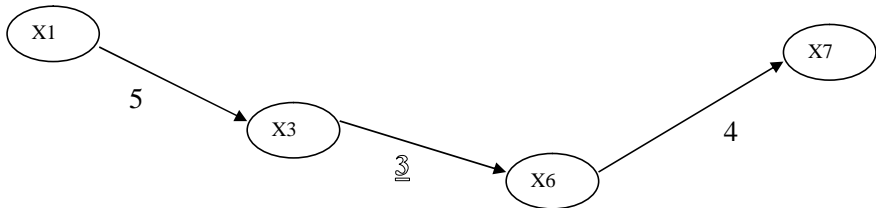


Comme la loi de KIRCHOFF est respectée en chacun des sommets, alors $\alpha = \min\{9, 6, 4\} = 4$, le flot initial peut être amélioré de la quantité $\alpha = 4$, un flot de valeur ϕ_0 où $0 \leq \phi_0 \leq 4$

Etape 2 :

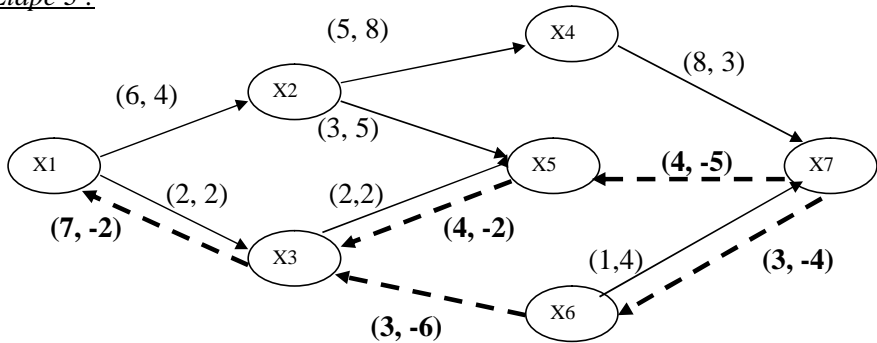


Le chemin de longueur minimale pour les coûts, joignant X1 à X7 est

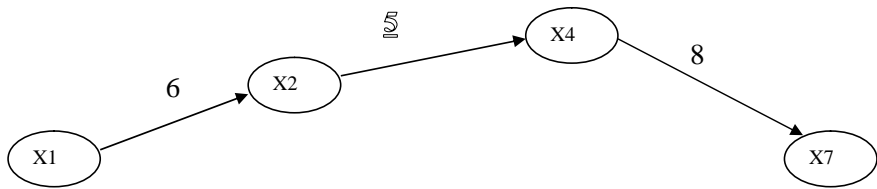


Comme $\alpha = \min\{5, 3, 4\} = 3$, le flot initial peut être amélioré de la quantité $\alpha = 3$, un flot de valeur ϕ_0 où $4 \leq \phi_0 \leq 7$

Etape 3 :

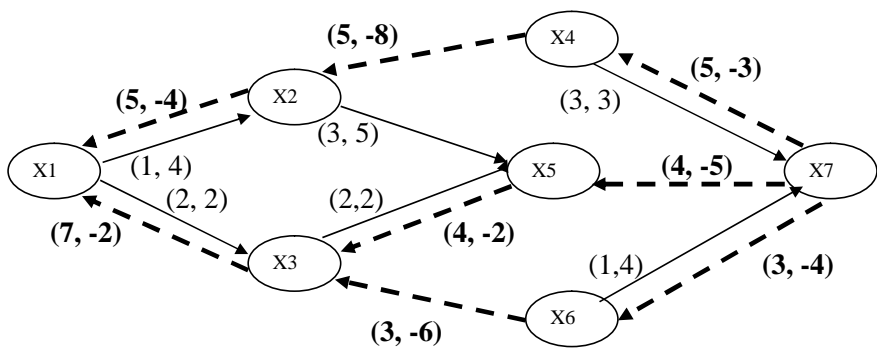


Il reste un seul chemin allant de X1 à X7

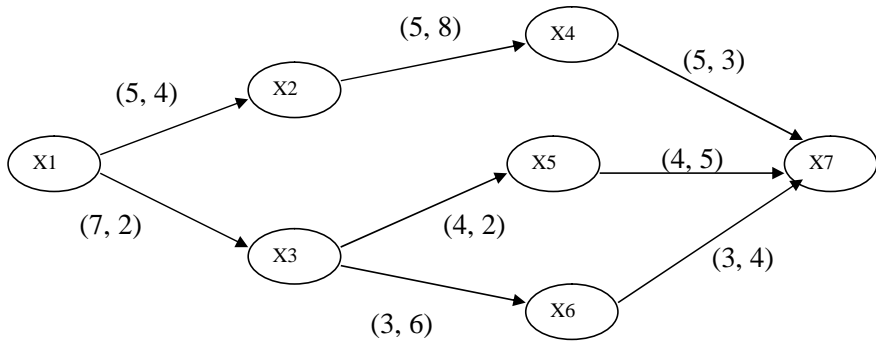


Comme $\alpha = \min\{6, 5, 8\} = 5$, le flot initial peut être amélioré de la quantité $\alpha = 5$, un flot de valeur ϕ_0 où $7 \leq \phi_0 \leq 12$

Etape 4 :



Comme il n'existe pas de chemin joignant X1 à X7 dans $G(Q)$, le flot obtenu à l'étape 3, $\phi_0 = 12$ est de valeur maximale et de coût minimal. Ce flot est donc



Le coût total correspondant s'élève à :

$$5 \times (4+8+3) + (7 \times 2) + 4 \times (2+5) + 3 \times (6+4) = 75 + 14 + 28 + 30 = 147$$

Conclusion :

Le transport joue un rôle important dans le commerce et les interactions sociales, les mouvements de personnes et de marchandises ont toujours été entrepris pour accomplir des objectifs ou tâches de base qui nécessitent un déplacement d'un endroit à un autre. La vitesse, le coût et la capacité des transports disponibles ont un impact significatif sur la vie économique d'une organisation, la plupart des sociétés développées et industrialisées sont réputées pour leurs systèmes et services de transport de haute qualité et les pays dotés de systèmes de transport avancés et fiables ont toujours été parmi les leaders de l'industrie et du commerce.

Ainsi, si une société espère se développer, elle doit disposer d'un solide système de transport composé de bonnes routes, de bons systèmes ferroviaires, ainsi que d'excellentes liaisons avec le reste du monde par voie maritime et aérienne.³⁴

Un bon transport permet la spécialisation de l'industrie ou du commerce, réduit les coûts des matières premières ou des produits manufacturés et augmente la concurrence entre les régions, ce qui se traduit par une réduction des prix.

Le problème du transport et l'optimisation peut être associé au mouvement des locomotives entre les points d'un chemin de fer pour satisfaire la puissance des trains tout en minimisant les coûts de déplacement. Cela se produit dans la conception et l'analyse des problèmes de chaîne d'approvisionnement et de

³⁴ ALIZADEH H., « L'IMPORTANCE DU TRANSPORT », Ecole Polytechnique de Montréal, 2021, pp : 2-6

distribution, des systèmes d'oléoducs, des problèmes de planification des pétroliers et de divers autres domaines.

De toute évidence, le coût minimum de transport est un cas de la programmation linéaire et peut être résolu de plusieurs façons. Une façon consiste à appliquer l'algorithme du simplexe primal ordinaire au problème. Ce que nous avons vu dans ce chapitre est une simplification de la méthode du simplexe afin qu'elle puisse être appliquée directement sur les problèmes liés au transport sans avoir besoin d'un tableau simplexe.

CHAPITRE -III-

CHAPITRE –III- : MODELES DE GESTION DES STOCKS

INTRODUCTION :

Il nous a paru conforme dans notre travail d'introduire en premier lieu le transport comme fonction principale de la distribution physique et de présenter le stock comme un des éléments d'organisation de la distribution physique.

Globalement l'environnement de la Distribution est en continuelle changement, on comprend l'intérêt, voir le besoin, d'anticiper de tels changement dans le marché et de prendre des décisions à l'avance en vue d'optimiser les performances de la distribution, il est nécessaire de disposer d'une fonction de prévision.

Il est important de réaliser que le recours à l'anticipation induit un phénomène de risque, en résumé même en exploitant un processus de prévision optimisé, on retrouve des écarts entre les prévisions et la réalité telle qu'elle se présentera. A l'évidence, de tels écarts de prévision ne peuvent que dégrader les performances de la distribution en induisant des stocks ou bien excessifs ou insuffisants.¹

Une gestion optimale des stocks vise à posséder un stock suffisant pour éviter les ruptures de stocks tout en cherchant à minimiser le montant du stock en raison du coût de possession qu'il génère.²

Dans ce chapitre, nous tenterons de faire une présentation de quelque modèles de gestion des stocks en matière de d'approvisionnement et de passation de commande et comment déterminé la quantité optimale à commander et le moment de passer la commande, ainsi que les coûts de stockage.

III-1- LE STOCK ET SES FONCTIONS :

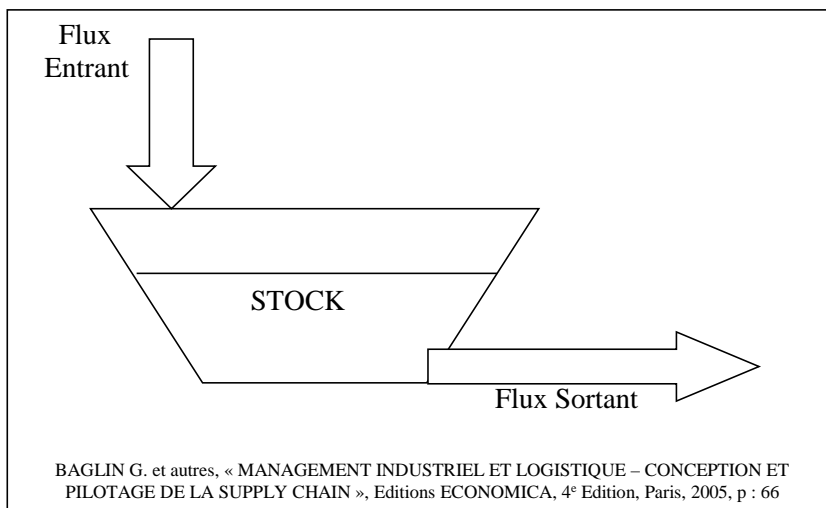
D'une façon générale, le stock est défini comme l'accumulation d'une différence de flux. L'image la plus courante est celle d'un réservoir, dont le niveau traduit la différence accumulée entre un flux entrant et un flux sortant.³

¹ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 228

² DEBOURG M. C. et autres, « PRATIQUE DU MARKETING », 2eme édition, BERTI EDITIONS, 2004, page 451 – 452

³ BAGLIN G. et autres, op. cit., p : 66

Figure III-1 : Le Stock est un réservoir



Le niveau de stock est souvent mesuré par le temps nécessaire à l'épuisement du stock en cas d'arrêt total du flux entrant. On emploie aussi la rotation du stock qui correspond à un réapprovisionnement régulier des stocks pour faire face aux consommations successives au cours du temps.¹

Bien que le maintien des stocks dans une société coûte de l'argent, mais d'un point de vue managérial, on maintient des stocks pour des raisons et des fonctions importantes qui sont principalement :

- Fonction de service ou commerciale : afin d'assurer une livraison immédiate (délai de livraison est inférieur au délai de réapprovisionnement).
- Fonction de régulation : afin de compenser le déséquilibre et le décalage temporel par exemple entre le moment de production et le moment de livraison.

Le maintien des stocks est un facteur important à considérer, les contrôleurs et les directeurs financiers en surveillent de près les niveaux et cherchent à les réduire au minimum, car les stocks génèrent des charges (assurances, frais financiers, espace de stockage, l'entreposage et la gestion). En

¹ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 69

plus les stocks importants ont un effet négatif sur le rendement et la rentabilité de l'entreprise.

Par contre, un niveau de stock insuffisant peut faire diminuer la capacité de production, perdre des ventes à cause des clients insatisfaits et augmenter les coûts des matières premières.

On distingue différents types de stocks :¹

- Les stocks nécessaires à la fabrication, matières premières, ébauches, pièces spéciales sous-traitées, pièces normalisées, pièces intermédiaires fabriquées par l'entreprise ;
- Les pièces de rechange pour le parc machines, les outillages spéciaux, les outillages et matières consommables, les pièces, matériaux, produits pour l'entretien des bâtiments ;
- Les en-cours, c'est-à-dire les stocks entre les différentes phases de l'élaboration du produit (entre les machines) ;
- Les stocks de produits finis.

Tout niveau de stock inapproprié, qu'il soit trop élevé ou trop faible entraîne une baisse de la rentabilité, donc pour une bonne gestion des stocks, deux facteurs essentiels sont à prendre en considération et qui sont en relation avec les deux questions : Quand commander ? Combien commander ?²

- 1- Quand commander, c'est le moment où il faut passer les commandes. Deux systèmes sont employés : suivant une périodicité fixe (par semaine ou par mois ...) ou lorsque le stock disponible descend en dessous d'un niveau minimum appelé point de commande ou seuil de commande ou parfois stock d'alerte
- 2- Combien commander, c'est la quantité à commander chaque fois qu'on passe une commande à un fournisseur extérieur, ou à un service de production à l'intérieur même de l'entreprise, cette question est en relation avec la première question.

¹ COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 120

² BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 353

Ce sont les quantités à commander et les points de commande qui déterminent en grande partie la quantité de stock à tel ou tel moment. D'une manière générale, on peut dire que les prévisions permettent une maîtrise efficace de la demande ce qui facilite la gestion des stocks et d'optimiser les commandes.

III-2- MODELES DE GESTION DES STOCKS :

Le niveau du stock dépend naturellement de deux facteurs : les entrées et les sorties. Souvent il ne sera pas possible de jouer sur les sorties (appelées par la production) et la seule façon de réguler le niveau moyen du stock consistera à modifier le mode des entrées.¹

On peut classer les méthodes de gestion des stocks et approvisionnement en deux classes principales :²

1- *Les systèmes à gestion périodique point de commande* : prenant en compte les consommations ou les commandes passées ainsi que les besoins prévisionnels sur un horizon à court et moyen terme.

2- *Le calcul des besoins nets (CBN)* : la méthode CBN est à utiliser pour gérer les stocks des matières, composants ou sous-ensembles qui ont des besoins dépendants des besoins de niveaux supérieurs, en particulier dépendants des besoins en produits finis ou de produits vendus en l'état. L'objectif du calcul du CBN est de déterminer précisément ce qu'il faut acheter et ce qu'il faut fabriquer. Par exemple, si l'on veut fabriquer 100 vélos, on aura besoin exactement de 200 pneus.³

La méthode de gestion périodique à point de commande est utilisée dans le contexte présenté ci-après :

- Les commandes fermes de clients auprès d'un fournisseur résultent souvent des systèmes de gestion périodique point de commande, de même que les commandes de réapprovisionnement pour la distribution en magasins ou dépôts.

¹ COURTOIS A. et autres, «GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 122

² LAURENTIE J. et autre, «SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROCESSUS ET METHODES LOGISTIQUE », AFNOR, Paris, 2013, p : 98

³ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 328

- D'autre part l'utilisation du calcul des besoins nets n'exclut pas les systèmes à gestion périodique point de commande pour certaines matières ou composants considérés comme ayant des besoins indépendants.¹

Cela permet d'envisager quatre méthodes² :

	Période fixe	Période variable
Quantité fixe	Méthode du réapprovisionnement fixe	Méthode du point de commande
Quantité variable	Méthode de gestion de commande périodique	Approvisionnement par dates et quantités variables (Mixtes)

Pour la méthode de réapprovisionnement avec les deux paramètres fixes (période & quantité), ce type de contrat, extrêmement simple, constitue plus un cas d'école qu'une réalité d'entreprise compte tenu de la régularité qu'il implique. Il peut être utilisé pour les articles de faibles valeurs dont la consommation est régulière et qui ne sont pas fabriqués par l'entreprise.

III-2-1- Gestion de commande sur seuil (s, Q)

La gestion sur seuil de commande : (gestion sur point de commande) quand un seuil qui représente un niveau moyen minimal de stock désiré est atteint, on donne le signal de passer une commande de réapprovisionnement ; le fonctionnement de ce genre de systèmes est illustré dans la figure (III-2) ;

Pour ce système de gestion, la commande survient lorsqu'un stock minimum (s) est atteint, on approvisionne toujours la même quantité (Q), il s'agit alors d'un système à quantité fixe et à périodicité variable : si la demande est plus forte, le point de commande sera atteint plus tôt ; si la demande se ralentit, le point de commande sera atteint plus tard.

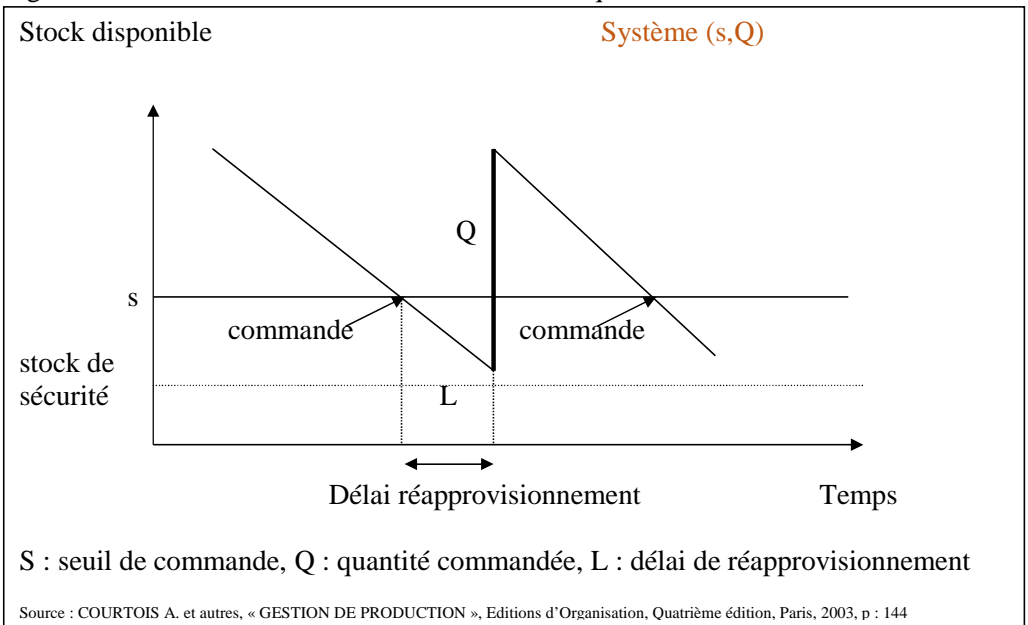
En résumé, le système de gestion de stock à point de commande nécessite un suivi très précis du stock.³

¹ LAURENTIE J. et autre, « SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROCESSUS ET METHODES LOGISTIQUE », AFNOR, 2013, p : 101

² COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 141

³ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 356

Figure III-2 : Gestion de commande sur seuil avec quantité fixe et date variable.



Le stock disponible est égal au stock physique augmenté des quantités déjà commandées et attendues à la réception. Le seuil de commande (s) couvre la demande moyenne ou le besoin moyen pendant le délai de réapprovisionnement (L) augmenté du stock de sécurité.

Le stock de sécurité dépend de niveau de service choisi et couvre le risque de rupture de stock pendant le délai (L). Un taux de service de 98% signifie que la demande excède la quantité (s) au cours du délai (L) avec une probabilité égale à 2%. Le choix du taux de service et du stock de sécurité optimise les coûts globaux liés aux demandes non satisfaites et à la perte éventuelle de clients avec les coûts de possession des stocks.

Ce modèle est applicable lorsque la demande future est estimée avec précision, relativement stable et le délai de réapprovisionnement est lui aussi stable. Dans le cas contraire, le stock de sécurité devra être augmenté pour tenir compte de la variabilité de la demande et du délai de réapprovisionnement.

Le fonctionnement des systèmes d'approvisionnement à quantité fixe implique un contrôle permanent, ce qui est aujourd'hui aisément réalisable, grâce à l'ordinateur, qui peut tenir à jour les fiches de stock.¹

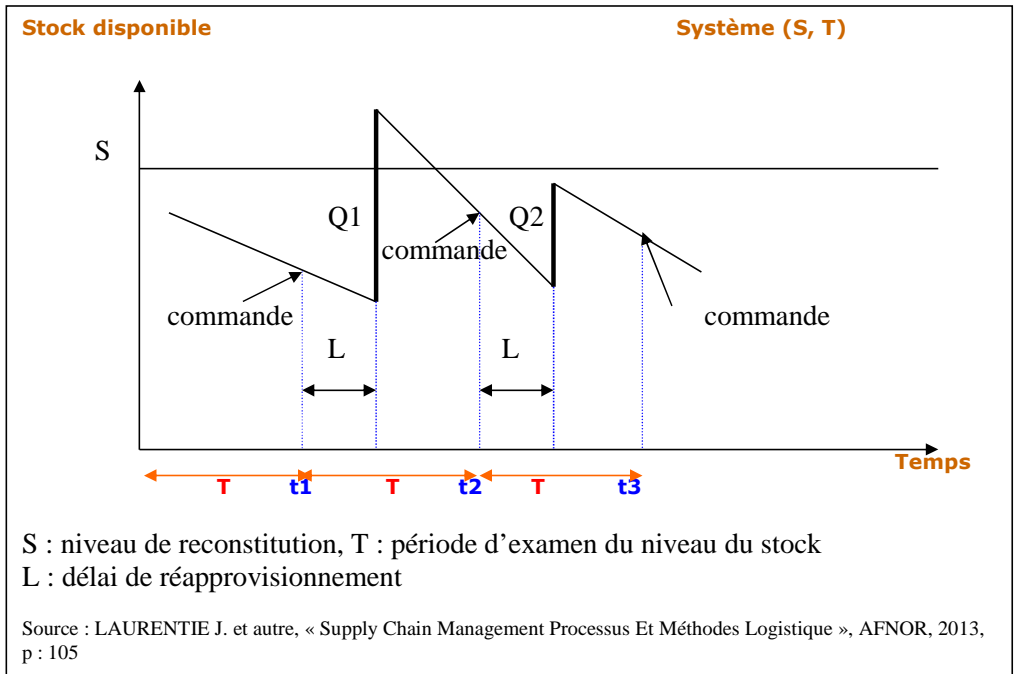
¹ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 354

III-2-2- Gestion de commande périodique (S, T)

La gestion de commande périodique : l'état du stock est vérifié à intervalles de périodicité réguliers et une commande de réapprovisionnement est émise, cette commande est d'une quantité variable et date fixe ;

A chaque période (T), le stock est reconstitué au niveau (S) par la commande d'une quantité (Q_i) variable, égale à la différence entre le niveau de reconstitution (S) et le stock disponible au moment de placer une commande.¹

Figure III-3 : Gestion de commande périodique avec quantité commandée variable et date fixe



On constate que les commandes sont émises à intervalles réguliers, la quantité commandée à chaque cycle dépend de la situation des stocks au moment de la vérification, du niveau moyen maximal de stock désiré (S) incluant un stock de sécurité et la demande prévue durant le délai de livraison.

¹ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 357

Le niveau (S) doit couvrir la demande pendant le délai de réapprovisionnement (L) augmenté de la période (T) d'examen de stock.

Cependant, le niveau de la demande et les délais de livraison demeurent relativement incertains, les risques de rupture de stock sont plus grands que dans un système d'approvisionnement à quantité fixe, le point de commande est établi en fonction de l'estimation de la demande durant le délai de livraison seulement, alors que dans le système périodique pour réduire le plus possible les risques de rupture de stock.

Dans le cas de cette méthode, on suppose que la consommation est régulière et que la consommation annuelle est connue.¹

Les systèmes d'approvisionnement périodique sont mieux appropriés aux entreprises de commerce de détail, qui ont avantage à faire régulièrement l'inventaire des produits, car la prise d'inventaire périodique est souvent le meilleur moyen de contrôle.²

Exemple (1) :

En t_1 : commande d'une quantité Q_1 , reçue après le délai (L) et devant couvrir les besoins pendant le délai (L+T), car la prochaine commande Q_2 lancée en t_2 ne pourra être réceptionnée au plutôt que (L+T) unités de temps plus tard, donc Q_1 doit couvrir la demande pendant ce délai.

Le niveau (S) est égal à la demande moyenne sur le délai (L+T) augmentée du stock de sécurité. Ce stock de sécurité est en fonction du niveau de service et couvre la variabilité de la demande pendant le délai (L+T) ainsi que la variabilité de la demande causée par la variabilité éventuelle du délai.

III-2-3- Gestion périodique par lots de commande (nQ, S, T) :

Ce modèle de gestion est un système dérivé du système précédent, le modèle est analogue au modèle de gestion périodique (S, T) avec des contraintes de quantité minimale ou de multiples quantités minimales à commander.

¹ COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 143

² LAURENTIE J. et autre, « SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROCESSUS ET METHODES LOGISTIQUE », AFNOR, Paris, 2013, p : 108

Les quantités commandées (Q_1, Q_2, \dots) sont des multiples entiers d'une quantité minimale (Q), afin de correspondre à des tailles de contenants tels que camions, conteneurs, palettes, etc.

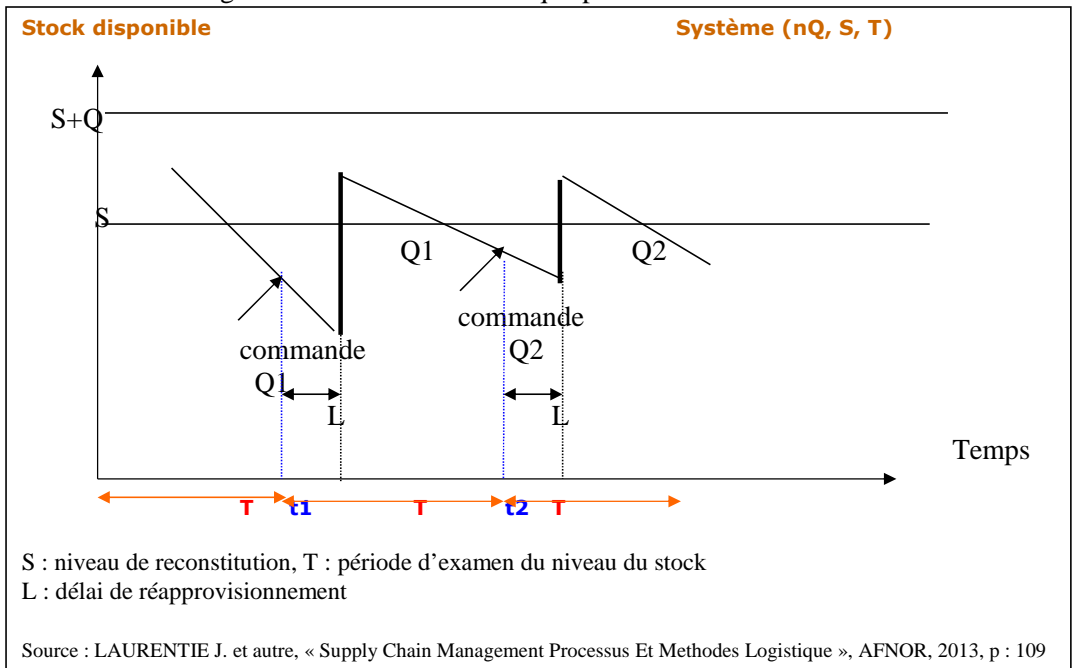
Une telle politique d'approvisionnement présente l'intérêt principal de permettre de grouper sur une même commande plusieurs articles différents achetés chez un même fournisseur.¹

Exemple (2) :

- En t_1 : couverture des besoins pendant le délai ($L+T$) arrondi au multiple entier supérieur de la quantité (Q), soit, par exemple une quantité Q_1 égale à $5Q$.
- En t_2 : commande d'une quantité Q_2 égale à $3Q$.

Le niveau (S) est égal au besoin moyen pendant ($L+T$) augmenté du stock de sécurité couvrant les risques de rupture de stock pendant ($L+T$). Les mêmes considérations que précédemment sont applicables au niveau du stock de sécurité. (Figure III-4)

Figure III-4 : Gestion Périodique par lots de commande



¹ COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 143

L'avantage est la simplicité, surtout pour la gestion sur seuil, il suffit d'avoir une idée de la consommation moyenne et du délai de réapprovisionnement des articles gérés. On ajoute un grain de sécurité pour couvrir les variations de consommation et les aléas de réapprovisionnement.

L'inconvénient est de taille car on utilise les données de consommation du passé pour établir le niveau de seuil de commande ou celui du stock « objectif ». Une fois ces éléments de calcul paramétrés, il est rare que l'on vérifie s'ils continuent d'être vraisemblables et on risque d'être amené à utiliser des données surévaluées ou sous-évaluées où peut être même de commander des composants qui n'ont plus lieu d'être commandés en raison d'une modification technique qui a entraîné leur suppression. Cela entraîne des ruptures ou des sur stocks et les coûts et le service au client risquent de s'en ressentir.¹

III-3- Les systèmes mixtes :

Les systèmes d'approvisionnement à quantité fixe et les systèmes d'approvisionnement périodique présentent chacun des avantages et des inconvénients. Ce qui explique l'existence des systèmes mixtes. Ainsi, dans certains de ces systèmes, on établit un niveau de stock précis à partir duquel on émet une commande comme c'est l'usage dans les systèmes à quantité fixe.

Cette méthode concerne la gestion d'articles coûteux dont les prix varient et qui présentent un caractère plus ou moins spéculatif ou stratégique (métaux et diamants en particulier). L'attention demandée par cette méthode ne la rend exploitable que pour un nombre très réduit d'articles : au plus une dizaine par gestionnaire.²

On pourra cependant ajuster la quantité à commander pour tenir compte d'escomptes de quantité, du niveau de stock au moment de la commande, des livraisons prévues à court terme, des estimations des besoins de la prochaine période, du carnet de commandes et de tous les événements inhabituels susceptibles d'influencer le délai de livraison.³

¹ LAURENTIE J. et autre, « SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROCESSUS ET METHODES LOGISTIQUE », AFNOR, 2013, p : 110

² COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 152

³ GAITHER N. et autre, « L'ENTREPRISE ET LA GESTION DES OPERATIONS », les éditions HRW, Montréal, 1983, p : 290

Ces méthodes remédient au principal inconvénient des méthodes classique puisqu'elles se basent sur des prévisions de consommation, par exemple des prévisions de demande et C'est ce genre de système mixte entre les deux systèmes de base qui est le plus couramment utilisé.

III-3-1- Gestion périodique et point de commande (figure III-5)

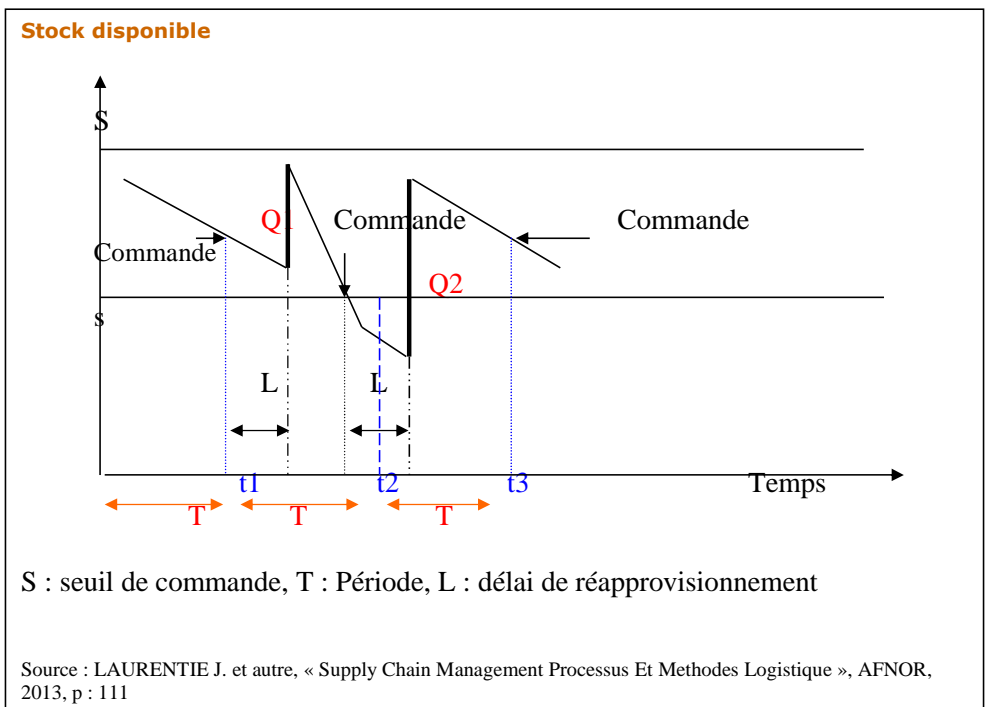
C'est un compromis entre les deux principaux systèmes précédents : le système sur seuil (s, Q) et le système périodique (S, T).

Une commande est passée si le stock disponible tombe au-dessous du seuil (s) avant que l'on ait atteint la date d'examen périodique (T) du stock. Il y a donc anticipation de la date de commande pour couvrir une consommation plus forte que la normale.

Ce système est utilisé lorsqu'il y a de grande variation par le stock de sécurité est d'un coût excessif.

En effet avec ce système, le stock de sécurité ne couvre la variabilité de la demande que pendant de délai (L) et non pendant ($L+T$) comme dans le modèle (S, T).

Figure III-5 : Gestion périodique et point de commande



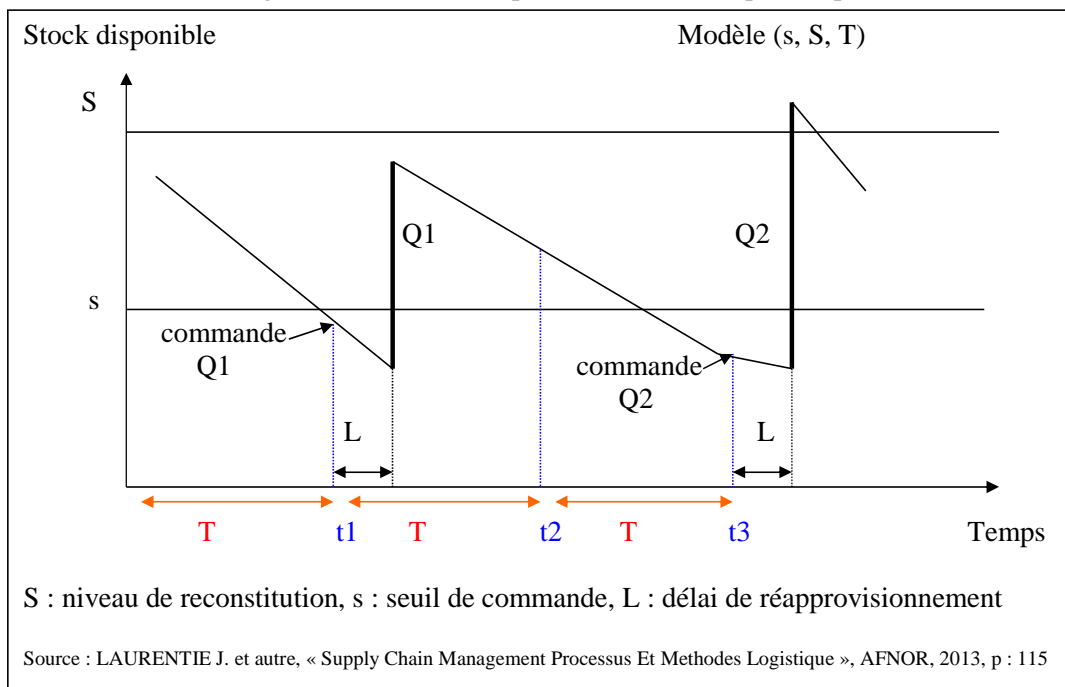
III-3-2- Gestion périodique avec seuil de commande (s) et niveau de reconstitution (S) modèle (s, S, T) (figure III-6)

Périodiquement, le niveau de stock est examiné et la commande est passée uniquement si le stock est inférieur au seuil (s). La quantité $Q1$, commandée en $t1$, couvre la demande moyenne pendant ($L+T$).

Le stock de sécurité couvre les variations de la demande pendant ce délai ($L+T$) en y incluant éventuellement la variabilité consécutive à la variation éventuelle du délai lui-même. Le niveau de reconstitution (S) est égal à la demande moyenne sur ($L+T$) augmentée du stock de sécurité.

Ce système évite de lancer des commandes trop faibles et réduit le risque lié à un stock dormant en ne réapprovisionnant que les produits consommés.

Figure III-6 : Gestion à point de commande périodique



III-3-3- Les Quantités de la Gestion à point de commande périodique

Les quantités indiquées sont relatives à des prévisions de besoins sur les périodes à venir, généralement la semaine. Dans ce système, on tient compte des délais de réapprovisionnement (L), de la quantité de commande (Q) et du stock de sécurité.

Exemple pour une pièce de rechange pour le service après-vente :

- délai de réapprovisionnement = L = 2 semaines
- stock de sécurité = 30
- quantité de commande = 100

La gestion des besoins s'établira selon le mode de calcul indiqué dans le tableau suivant :

Semaine		1	2	3	4	5	6	7	8
Prévisions des besoins		20	50	30	40	30	20	30	30
Commande à recevoir			100						
Disponible	60	40	90	60	20	-10	-30	-60	-90
Commande à passer			100				100		
Nouvelles réceptions					100				100
Nouveau disponible	60	40	90	60	120	90	70	40	110

Les commandes à passer sont de 100 en semaine 2 et en semaine 6.

Ce système permet de connaître les besoins de ce composant sur l'horizon entier de gestion et de calculer par le calcul des besoins nets les besoins des composants des niveaux inférieurs.

Les quantités indiquées seront des besoins de 100 en semaine 2 et de 100 en semaine 6 de façon à couvrir les besoins sur l'ensemble des semaines, tout en respectant le niveau de stock de sécurité de 30 unités et les délais de réapprovisionnement de 2 semaines.

III-4- LES COUTS DE STOCKAGE :

Une politique de gestion des stocks efficace est une politique qui assure un service objectif au client à un coût minimal. Il est donc important de bien identifier les différents coûts potentiels. En règle générale, une politique de stock induit quatre types de coûts :¹

¹ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 361

- Le coût d'acquisition ou d'achat, il comprend aussi les coûts d'emballage, de transport, d'assurance, etc.
- Le coût de détention, les frais pour conserver un produit en stock, tels que le coût de l'entrepôt, personnel, éclairage, chauffage, etc. ces frais varient selon la nature des articles stockés.
- Le coût de passation de commande, ou de lancement de fabrication, généralement c'est des frais liés aux travaux administratifs (principalement les salaires des employés) pour placer une commande ou pour le lancement de la fabrication.
- Le coût de rupture, perte de clients suite à la dégradation de l'image de marque de la société donc une baisse de la marge bénéficiaire ou bien la vente est différée et des pénalités qui peuvent être payer au client.

Pour déterminer la quantité à commander, il faut tenir compte des coûts découlant de commandes trop considérables et des commandes trop restreintes. Les commandes trop considérables entraînent automatiquement des coûts de maintien en stock pendant de longues périodes. Par contre les commandes de quantités très restreintes entraînent des coûts de commande excessifs de même que des coûts de rupture de stock qu'une bonne partie de ces coûts sont attribuables à la perte de profit sur les commandes qu'on ne peut satisfaire.

Lorsque les commandes de matières premières arrivent trop tard, on peut devoir arrêter la production ou prendre des actions correctives coûteuses pour éviter de retarder la livraison des produits.²

Les gestionnaires planifient les quantités à commander de façon que les coûts de stockage et les coûts de commande et de rupture s'équilibrent.

En générale, dans un but de simplicité mathématique et de robustesse, l'estimation de la quantité économique de la commande ne prend en compte que les coûts de possession et de passation de commande.³ C'est ce qu'on appelle le Modèle de Wilson.

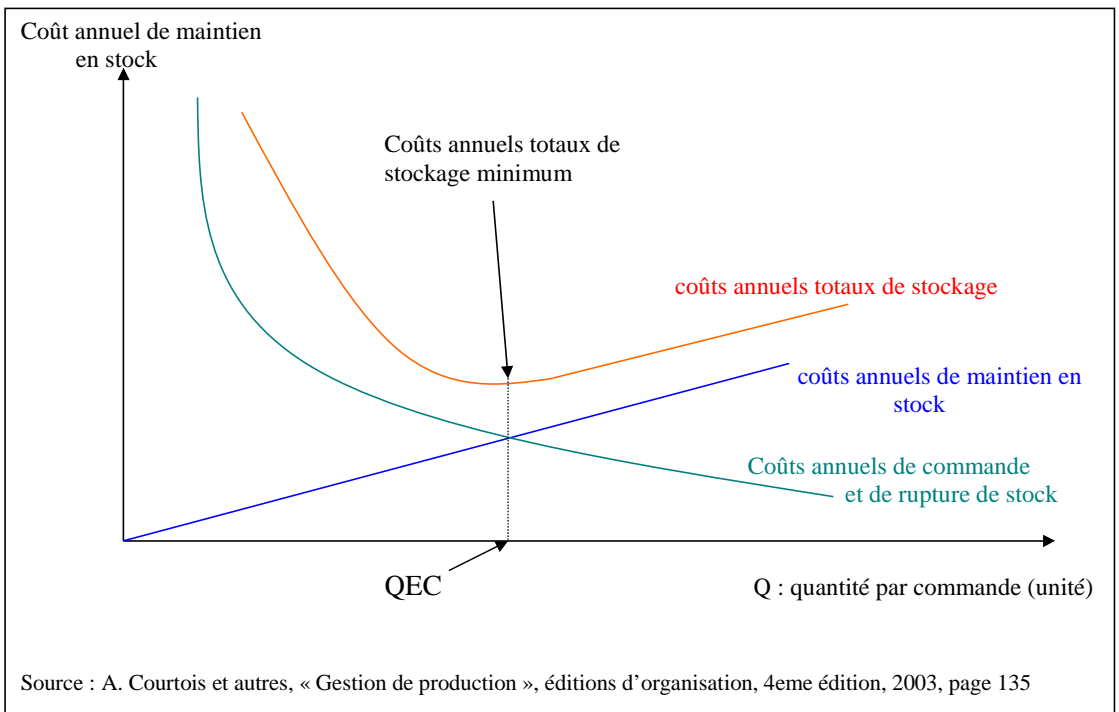
² GAITHER N. et autre, « L'ENTREPRISE ET LA GESTION DES OPERATIONS », les éditions HRW, Montréal, 1983, p : 291

³ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 363

A la figure (III-7), on remarque ce qui suit :

- Les coûts de maintien (ou de possession) en stock augmentent à mesure que s'élèvent les quantités commandées, pour les réduire, il faudrait multiplier les petites commandes.
- Les coûts de passation de commande augmentent avec le nombre de commandes, il faudrait, pour les réduire, ne passer que les grosses commandes.

Figure III-7 : Equilibrage des coûts de maintien en stock et des coûts de commande et de rupture de stock – Modèle de Wilson



En additionnant la courbe de coût annuel de maintien des stocks et la courbe de coût de commande et rupture des stocks, on obtient la courbe annuelle totale des coûts de stockage, laquelle illustre une règle importante en planification des stocks. Il existe un niveau optimal pour la quantité à commander qui permet de réduire les coûts de stockage annuels au minimum, généralement appelée la quantité économique à commander (QEC).⁴

⁴ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 363

III-4-1 Quantité économique à commander de base (QEC) :

L'application de ce modèle pour calculer la quantité économique de commande dépend des hypothèses suivantes :⁵

- On peut prévoir précisément la demande annuelle, les coûts de maintien en stock et les coûts de commande ;
- Le niveau moyen de stock est égal à la moitié de la quantité à commander cela implique qu'on ne garde aucun stock de sécurité, que les commandes sont livrées en un seul envoi et qu'il ne reste rien en stock à la réception de la commande suivante ;
- Il n'y a pas de coût de rupture de stock
- Il n'y a pas d'escompte de quantité

Formule des coûts :

Coût annuel de maintien en stock = stock moyen x coût unitaire de maintien

Stock moyen = $\frac{1}{2}$ (stock maximal + stock minimal) = $\frac{1}{2} \times (Q + 0) = Q/2$
(On respecte la deuxième hypothèse)

D'où le coût annuel de maintien en stock = $(Q/2) \times C_m$

Coût annuel de commande = nombre de commande par année x coût d'une commande

$$= (D/Q) \times S$$

Coût annuel total de stockage = coût annuel de maintien en stock + coût annuel de commande

$$CTS = (Q/2) \times C_m + (D/Q) \times S$$

Formule pour établir la QEC :

⁵ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 363

On trouve la quantité optimale à commander au point où les coûts annuels de commande sont exactement égaux aux coûts annuels de maintien en stock.

$$(Q/2) \times C_m = (D/Q) \times S \Leftrightarrow Q^2 (C_m / 2) = D \times S$$

$$\Leftrightarrow Q^2 = (2 D S) / C_m$$

$$\Leftrightarrow Q = \sqrt{(2 D S) / C_m}$$

La QEC est donc : $QEC = \sqrt{(2 D S) / C_m}$ ⁶

Cette expression, appelée « formule de WILSON », donne la quantité économique d’approvisionnement ou de commande.⁷

Avec :

D = demande annuelle totale pour une matière ou un produit (en unité / an)

Q = quantité commandée à chaque point de commande

C_m = coût de maintien en stock d’une unité pendant un an

S = coût moyen d’une commande

CTS = coût annuel total de stockage

Exemple (3) :

Un chef d’entreprise a décidé de calculer la QEC d’un produit X, les estimations à partir des données fournies par le service de comptabilité d’une entreprise sont :

- La demande annuelle pour le produit X est D = 10000 unité / an
- La quantité commandée Q = 400 U/commande
- Le coût de maintien en stock est C_m = 0,40 da / U / an
- Le coût moyen d’une commande S = 5,5 da / commande

$$CTS = (Q/2) \times C_m + (D/Q) \times S$$

$$= 400/2 \times 0,4 + 10000/400 \times 5,5 = 217,50 \text{ da}$$

$$\text{et la QEC} = \sqrt{(2 D S) / C_m} = \sqrt{2 \times 10000 \times 5,5 / 0,4} = 524,4 \text{ unités}$$

⁶ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 367

⁷ COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d’Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 136

III-4-2 QEC avec approvisionnement périodique :

Ce modèle se distingue du premier au plan de l'approvisionnement, les commandes sont livrées périodiquement plutôt qu'en une fois, en plus des hypothèses du premier modèle on ajout l'hypothèse suivante :

Les commandes sont livrées à un rythme régulier (p) et la sortie des stocks à un rythme (d) qui est inférieur à (p), le stock augmente donc à un taux de (p-d) pendant la période de livraison, ce qui implique que :

$$\begin{aligned} \text{Le stock maximal} &= \text{taux d'augmentation du stock} \times \text{période de livraison} \\ &= (p - d) \times (Q / p) \end{aligned}$$

$$\text{Le stock minimal} = 0$$

$$\text{Niveau de stock moyen} = \frac{1}{2} (\text{stock maximal} + \text{stock minimal})$$

$$= \frac{1}{2} \left((p - d) \frac{Q}{p} + 0 \right) = \frac{Q}{2} \left(\frac{p-d}{p} \right)$$

Formule des coûts :

Coût annuel de maintien en stock = stock moyen x coût unitaire de maintien

$$= \frac{Q}{2} \left(\frac{p-d}{p} \right) \times C_m$$

Coût annuel de commande = nombre de commande par année x coût d'une commande

$$= (D/Q) \times S$$

Coût annuel total de stockage = coût annuel de maintien en stock + coût annuel de commande

$$\text{CTS} = \frac{Q}{2} \left(\frac{p-d}{p} \right) \times C_m + (D/Q) \times S$$

Formule pour établir la QEC :

Comme pour le modèle précédent, on trouve la quantité optimale à commander au point où les coûts annuels de commande sont exactement égaux aux coûts annuels de maintien en stock (figure III-7)

$$\begin{aligned} \frac{Q}{2} \left(\frac{p-d}{p} \right) \times C_m &= (D/Q) \times S \Leftrightarrow Q^2 \left(\frac{p-d}{p} \right) = 2 (D \times S) / C_m \\ \Leftrightarrow Q^2 &= \frac{2DxS}{C_m} \times \left(\frac{p}{p-d} \right) \\ \Leftrightarrow Q &= \sqrt{\left[\left(\frac{2DxS}{C_m} \right) \times \left(\frac{p}{p-d} \right) \right]} \end{aligned}$$

La QEC est donc⁸ : $QEC = \sqrt{\left[\left(\frac{2 D x S}{C_m} \right) \times \left(\frac{p}{p-d} \right) \right]}$

Avec :

d : taux de demande (sortie) des unités à partir du stock par période
 p : taux d’approvisionnement du stock en unités par période

Exemple (4) :

Le chef d’entreprise se demande que serait le coût annuel total de stockage du produit X si les commandes sont livrées périodiquement plutôt qu’en une fois, d = 40 U / j (10000 unités / an, avec 250 jours ouvrables ⇒ 10000 / 250 = 40) et p = 120 U/j

$$\begin{aligned} \text{La QEC} &= \sqrt{\left[\left(\frac{2DxS}{C_m} \right) \times \left(\frac{p}{p-d} \right) \right]} = \sqrt{\left[\left(\frac{2.10000.5,5}{0,4} \right) \times \left(\frac{120}{120-40} \right) \right]} \\ &= 642,26 \text{ unités} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CTS} &= \frac{Q}{2} \left(\frac{p-d}{p} \right) \times C_m + (D/Q) \times S \\ &= \frac{642,26}{2} \left(\frac{120-40}{120} \right) \times 0,4 + (10000/642,26) \times 5,5 = 171,26 \text{ da} \end{aligned}$$

⁸ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 370

III-4-3 QEC avec escompte de quantité :

Ce modèle sert à établir la quantité à commander qui permette de réduire les coûts annuels totaux de stockage et les coûts d'acquisition au minimum, car à chaque prix d'acquisition correspond une limite de quantité à commander.⁹

L'application de ce modèle dépend des hypothèses suivantes :

- On peut prévoir précisément la demande annuelle, les coûts de maintien en stock et les coûts de commande (Cm est généralement établi en fonction du prix d'acquisition)
- On peut estimer le niveau moyen de stock
- Il n'y a pas de coût de rupture de stock
- Il y a des escomptes de quantité

Formule :

$$\begin{aligned}\text{Coût d'acquisition annuel} &= \text{demande annuelle} \times \text{coût d'acquisition} \\ &= D \times C_a\end{aligned}$$

Coûts annuels totaux = coûts annuels totaux de stockage + coût annuel d'acquisition

$$CT = CTS + D \times C_a$$

Modèle 1 : commandes livrées en une fois¹⁰

$$QEC = \sqrt{(2DS) / C_m} \quad \text{et} \quad CT = (Q/2) \times C_m + (D/Q) \times S + D \times C_a$$

Modèle 2 : commandes livrées périodiquement¹¹

$$QEC = \sqrt{\left[\frac{2DxS}{C_m} \right] \left(\frac{p}{p-d} \right)} \quad \text{et} \quad CT = \frac{Q}{2} \left(\frac{p-d}{p} \right) \times C_m + (D/Q) \times S + D \times C_a$$

⁹ COURTOIS A. et autres, «GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 137

¹⁰ BAGLIN G. et autres, «MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 373

¹¹ Idem, p : 376

Exemple (5) :

Le fournisseur a offert des escomptes de quantité si le chef d'entreprise accepte de commander en plus grandes quantités. Les prix et les quantités sont les suivants :

Limites de quantités à commander	Coût d'acquisition par produit (Ca)
0-399	2,20 da
400-699	2,00 da
700 et +	1,80 da

On calcule la QEC en utilisant chacun des prix de vente. (Cm est généralement établi en fonction du prix d'acquisition. Ainsi, on pourrait établir Cm à 20% de Ca)

- Pour les commandes livrées en une seule expédition :

$$QEC(2,2) = \sqrt{(2DS) / Cm} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10000 \cdot 5,5}{0,2(2,2)}} = 500$$

$$QEC(2,00) = \sqrt{\frac{2 \cdot 10000 \cdot 5,5}{0,2(2,0)}} = 524,4$$

$$QEC(1,80) = \sqrt{\frac{2 \cdot 10000 \cdot 5,5}{0,2(1,8)}} = 552,8$$

On note que seul la QEC(2,00) est possible car on peut acheter 524,4 unités à 2,00 da chacune, on peut analyser le CT à deux quantités différentes 524,4 et 700 unités par commande

$$\begin{aligned} Q= 524,4 : CT &= (Q/2) \times Cm + (D/Q) \times S + D \times Ca \\ &= (524,4/2) (0,2 \times 2,00) + (10000/524,4) 5,5 + 10000 \times 2 \\ &= 20209,76 \text{ da par année} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q= 700 : CT &= (700/2) (0,2 \times 1,8) + (10000 / 700) 5,5 + 10000 \times 1,8 \\ &= 18204,57 \text{ da par année} \end{aligned}$$

On conclut que si l'on opte pour l'approvisionnement par livraison unique, il faudra commander 700 unités.

- Pour les commandes livrées en plusieurs expéditions :

$$QEC(2,20) = \sqrt{\left[\left(\frac{2DxS}{Cm} \right) x \left(\frac{p}{p-d} \right) \right]} = \sqrt{\left[\left(\frac{2.10000.5,5}{2,2(0,2)} \right) x \left(\frac{120}{120-40} \right) \right]} = 612,4$$

$$QEC(2,00) = \sqrt{\left[\left(\frac{2.10000.5,5}{2,0(0,2)} \right) x \left(\frac{120}{120-40} \right) \right]} = 642,3$$

$$QEC(1,80) = \sqrt{\left[\left(\frac{2.1000.5,5}{1,8(0,2)} \right) x \left(\frac{120}{120-40} \right) \right]} = 677$$

Seule la QEC(2,00) est possible, car on peut commander 642,3 unités par commande au prix unitaire de 2,00 da. On peut analyser le CT à deux quantités différentes 642,3 et 700 unités par commande

$$\begin{aligned} Q= 642,3 : CT &= \frac{Q}{2} \left(\frac{p-d}{p} \right) x Cm + (D/Q) x S + D x Ca \\ &= \frac{642,3}{2} \left(\frac{120-40}{120} \right) 0,2 (2) + (10000/642,3) 5,5 + 10000 x 2,00 \\ &= 20171,26 \text{ da} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q= 700 : CT &= \frac{700}{2} \left(\frac{120-40}{120} \right) 0,2 (1,8) + (10000/700) 5,5 + 10000 x 1,8 \\ &= 18162,57 \text{ da} \end{aligned}$$

On conclut que si l'on opte pour l'approvisionnement par livraison périodique, il faudra commander 700 unités. Et même que le CT est plus faible que dans le mode de livraison unique

Après avoir vu la détermination de la quantité optimale à commander dans les systèmes d'approvisionnement à quantité fixe soumis à différentes hypothèses, voyons donc quand il faut passer la commande.

III-4-4 L'établissement des points de commande (le seuil de commande)

Dans les systèmes d'approvisionnement à quantité fixe, on tient un inventaire permanent et on émet les commandes quand les stocks atteignent un niveau jugé critique, qui représente le seuil de commande ou le point de commande.

On établit les points de commande en faisant l'estimation de la demande durant le délai de livraison (ED).

ED = la demande quotidienne moyenne x nombre de jours dans le délai de livraison

Lorsqu'une rupture de stock n'a que peu d'incidence, il arrive que le seuil de commande coïncide avec l'ED. Tandis qu'il y a une incertitude à la demande quotidienne et au délai de livraison et qu'une rupture de stock puisse avoir lieu, on établira le point de commande en ajoutant un stock de sécurité à l'ED.

Le seuil de la commande = ED + stock de sécurité

La difficulté principale, quand il s'agit d'établir les points de commande, est d'établir le niveau approprié du stock de sécurité et pour cela il existe différentes règles tel que le pourcentage de l'ED, la racine carrée de l'ED.

Exemple (6) :

Si la demande moyenne par jour d'un article est de 06 unités, le délai de livraison moyen est de 10 jours et le stock de sécurité est établi à 20 pour cent de l'ED le seuil de la commande sera calculer comme suit :

$$\begin{aligned}\text{Le seuil de la commande} &= \text{ED} + 0,2 \times \text{ED} \\ &= \text{demande moyenne /jour} \times \text{délai de livraison moyen} + 0,2 \cdot \text{ED} \\ &= 6 \times 10 + 0,2 \times 6 \times 10 \\ &= 60 + 12\end{aligned}$$

Le seuil de commande = 72 unités

Nous avons vue comment établir les quantités optimales à commander et comment estimer les points de commande dans les systèmes d'approvisionnement à quantité fixe. Voyons comment déterminer les intervalles optimaux de commande, dans les systèmes d'approvisionnement périodique.

III-4-5 Intervalle optimale de commande dans un système d'approvisionnement périodique :

Il faut déterminer une période optimale entre les révisions d'inventaire qui permette d'obtenir un meilleur équilibre possible entre les coûts annuels de maintien en stock et les coûts annuels de commande, de façon à réduire au minimum les coûts de stockage.

L'application de ce modèle dépend des hypothèses suivantes :

- On peut prévoir précisément la demande annuelle, les coûts de maintien en stock et les coûts de commande ;
- Le niveau moyen de stock est égal à la moitié de la quantité à commander cela implique qu'on ne garde aucun stock de sécurité, que les commandes sont livrées en un seul envoi et qu'il ne reste rien en stock à la réception de la commande suivante ;
- Il n'y a pas de coût de rupture de stock
- Il n'y a pas d'escompte de quantité

Formule des coûts :

Coûts annuels de maintien en stock = niveau moyen de stock x coût de maintien en stock

$$= \frac{DT}{2} \times C_m$$

Coûts annuels de commande = nombre de commandes par an x coût par commande

$$= \frac{D}{DT} \times S = \frac{S}{T}$$

Coûts annuels totaux de stockage = coûts annuels de maintien en stock + coûts annuels de commande

$$CTS = \frac{DT}{2} \times C_m + \frac{S}{T}$$

Formules servant à établir l'intervalle optimal de commande :

On trouve la quantité optimale à commander au point où les coûts annuels de commande sont exactement égaux aux coûts annuels de maintien en stock (figure III-7)

$$\frac{DT}{2} \times C_m = \frac{S}{T} \Leftrightarrow T^2 \left(\frac{DC_m}{2} \right) = S$$

$$\Leftrightarrow T^2 = \frac{2S}{DCm}$$

$$\Leftrightarrow T = \sqrt{\frac{2S}{DCm}}$$

Avec :

T = intervalle entre les commandes

Il ne reste plus qu'à définir la quantité à commander, ce qui est relativement simple.

Quantité à commander = niveau de stock maximal visé – présent niveau de stock + ED

Exemple (7) :

Un directeur a décidé de faire analyser un produit donné pour déterminer la période entre chaque commande, les données concernant ce produit sont les suivant :

D = 29385 U/an

Cm = 30% du coût d'acquisition

Ca = 0,29 da

S = 10,90 da par commande

$$Cm = 0,3 \times 0,29 = 0,087$$

$$T = \sqrt{\frac{2S}{DCm}} = \sqrt{\frac{2 \times 10,9}{29385 \times 0,087}} = 0,0923 \text{ année} = 33,7 \text{ jours}$$

Si le stock actuel est de 985 u et que le niveau maximal de stock visé est de 3220 et que l'estimation de la demande est de 805 la quantité à commander est de :

$$Q = 3220 - 985 + 805 = 3040 \text{ unités}$$

III-5- LE STOCKAGE ET LE MAGASINAGE :

Il est l'un des éléments clés de la distribution, il reste que se pose en permanence le choix de livrer à partir de centres peu nombreux ou même uniques, ce qui accroît le coût de transport en diminuant les coûts de stockage, ou bien de multiplier les magasins de distribution au risque de voir les coûts de stockage augmenter.

Les stocks d'une entreprise sont placés dans un ou plusieurs magasins afin qu'ils soient rangés entre leur réception et leur mise à disposition. Cette gestion suppose deux types d'organisation : Gestion mono-magasin et Gestion multi-magasins.¹²

Aux plans stratégique et tactique le choix de la quantité et de l'emplacement des magasins est déterminé par le délai requis par le client pour obtenir sa marchandise, ou par celui que l'on a choisi de lui offrir.

La concentration des lieux de stockage a, en outre, un effet bénéfique sur la disponibilité.

Si on a, plusieurs lieux de stockage, le stock de sécurité nécessaire pour assurer la même disponibilité dans un seul lieu de stockage est égal à :

$$\sqrt{\text{somme des carrés des stocks de sécurité de chacun des magasins}}$$

A titre d'exemple, le stock de sécurité de trois lieux de stockage est de : 10,20, et 30, le stock de sécurité nécessaire pour assurer le même taux de service dans un seul lieu de stockage est de : 38

$$\sqrt{10^2 + 20^2 + 30^2}$$

¹² COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 131

CONCLUSION :

Dans une relation entre un fournisseur et un client, le client souhaite que le stock soit présent chez le fournisseur, et vice versa. Cependant, lorsqu'on regarde le problème de façon globale, peu importe que le stock se trouve chez l'un ou chez l'autre (ou chez les deux) : de toutes les façons, il va falloir payer ce stock et celui qui va le payer en fin de compte, ce sera le client final, le client de la « chaîne logistique ». ¹

Les stocks constituent un « mal nécessaire » pour tout système de gestion industrielle. Ils apportent de la souplesse en masquant de nombreux problèmes mais leur coût est élevé. Gérer les stocks est donc un impératif pour maîtriser leurs niveaux au juste nécessaire. ²

Les techniques de calculs que nous avons exposé dans ce chapitre concernant la gestion des stocks ont un domaine d'application relativement réduit. Il existe en effet plusieurs limites à l'utilisation car les hypothèses de départ sont simplificatrices et seront rarement vérifiées dans la pratique. La gestion de production moderne, tend vers des stocks aussi faibles que possible conduisant à un coût de stockage minimum.

Bien que les restrictions apportées soient importantes, il reste des domaines où la gestion des stocks traditionnelle reste parfaitement adaptée. C'est le cas de l'approvisionnement des articles ou la demande est indépendante et à peu près constante. Aussi, bien que le domaine d'application soit relativement restreint, la gestion des stocks traditionnelle concerne encore de nombreux articles important pour la compétitivité des entreprises.

La véritable problématique de la gestion des stocks consiste à mettre en place des méthodes qui garantissent un tel niveau de service objectif, tout en minimisant les coûts correspondants. ³

¹ COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003, p : 378

² Idem, p : 162

³ BAGLIN G. et autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4^e Edition, Paris, 2005, p : 351

PARTIE EMPIRIQUE
LA DISTRIBUTION
DES PRODUITS PETROLIERS

CHAPITRE -IV-

CHAPITRE IV : LA DISTRIBUTION DES PRODUITS PETROLIERS

INTRODUCTION

Connu depuis l'antiquité, le pétrole était utilisé à l'état brut dans le bassin du Tigre et de l'Euphrate il y a plus de 5000 ans, les civilisations mésopotamiennes utilisaient le pétrole comme produit Pharmaceutique, combustible et calfatage des bateaux, il n'a commencé à jouer un rôle important qu'à la fin du 19^{ème} siècle pour s'affirmer au cours du 20^{ème} siècle. Ce n'est qu'en 1859 qu'a lieu le premier forage, à trente mètres de profondeur aux Etats-Unis, à Titusville en Pennsylvanie par le colonel Drake, c'est également à Titusville que la première raffinerie des États-Unis a vu le jour ; suivi par celui de Bakou (1871) en Russie sur les bords de la mer Caspienne. Dès lors la production du pétrole augmente ainsi que les débouchés.¹

D'abord le pétrole été recherché pour la production de pétrole lampant utilisé pour l'éclairage et au début du 20^{ème} siècle il commence à jouer un rôle dans la production de l'énergie, avec l'essence puis le gazole et le fioul.

Grâce aux carburants, il permet le développement des transports routier et aérien et se substitue dans les soutes des navires, dans les locomotives, les centrales thermiques, les fours et les chaudières de l'industrie, le chauffage des habitations.

Comme le pétrole, le gaz naturel est une énergie fossile qui se forme à partir de la décomposition de matières organiques en milieu terrestre ou marin. Si le pétrole fait l'objet d'une exploitation et d'une utilisation industrielle poussée à partir des années 1850, le gaz naturel devra attendre les années 1950 pour susciter un intérêt mondial. Ses réserves et ressources, voire sa production, sont mal connues en dehors des États-Unis jusqu'à la fin des années 1960. Le gaz naturel est apparu longtemps comme une source d'énergie difficile à mettre en œuvre. Son commerce sous forme liquéfiée (GNL) n'a commencé qu'en 1964 dans des volumes très modestes.²

Avec les années soixante, les découvertes de gaz et la multiplication des projets gaziers entraînent un véritable décollage de la production mondiale. Au bout de dix ans de croissance, à la fois de la production et des réserves prouvées,

¹ DUROUSSET M., « LE MARCHE DU PETROLE », Editions ellipses, Paris, 1999, p : 5

² ROJEY A. et autre, « LE GAZ NATUREL : PRODUCTION, TRAITEMENT, TRANSPORT », Éditions TECHNIP, Paris, 1994, p : 3

le gaz naturel a quitté sa place d'énergie de second rang, sa production approchant dès 1970 le seuil du milliard de tonnes équivalent pétrole (tep) et ses réserves atteignant alors environ la moitié des réserves pétrolières prouvées.¹

Depuis le milieu du 20^{ème} siècle de nombreux produits nouveaux, dérivés du pétrole et du gaz naturel, sont apparus : matières plastiques, textiles et caoutchouc synthétique, engrais azotés, détergents ...

Après avoir montré l'importante place qu'occupe le pétrole dans l'économie mondiale, on va essayer dans ce chapitre de présenter d'abord l'origine du pétrole et sa formation, l'état des réserves du pétrole brut dans le monde, les méthodes d'exploration, exploitation et extraction du pétrole brut, puis on présentera les moyens mises en œuvre pour le transporter jusqu'aux raffineries pour montrer les étapes de raffinage simple, et finalement donner un aperçu sur les modes de distribution des produits pétroliers.

IV-1 L'ORIGINE DU PETROLE ET SA FORMATION :

Le pétrole (latin du moyen âge : PETROLEUM : « littéralement huile de pierre » de PETRA : pierre et OLEUM : huile) est d'origine organique, il dérive de la substance d'être vivants incorporée dans les sédiments lors de leur dépôt. La matière organique provient d'organismes végétaux et animaux vivants, en milieu marin- notamment le plancton, sur le fond ou sur les terres voisines transportée par les rivières.

C'est à partir des dépôts, accumulés durant certaines ères géologiques en grande abondance, dans des bassins de sédimentation marine que se forme le pétrole par décomposition sous l'action des bactéries à l'abri de l'oxygène (milieu anaérobie), dans des conditions particulières de salinité, de température, etc., c'est ce qui constitue la roche mère.²

Le pétrole en formation est moins dense que la roche qui l'entoure, il peut donc migrer vers la surface à condition qu'il ne soit pas arrêté dans sa progression par des roches imperméables, si tel est le cas, le pétrole est alors stoppé dans sa remontée et se concentre pour former des poches. Ces pièges sont à l'origine des réservoirs actuels de pétroles.

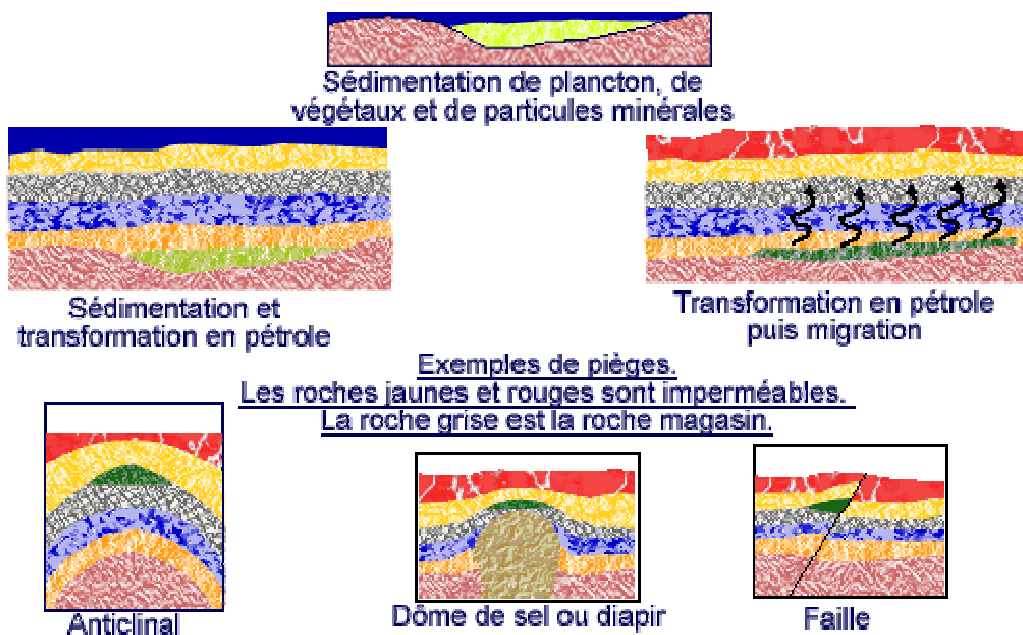
Généralement entre 2 500 et 5 000 m et sous l'action des hautes températures qui y règnent, le kérogène se transforme (craquage thermique) en

¹ ROJEY A. et autres, « LE GAZ NATUREL : PRODUCTION, TRAITEMENT, TRANSPORT », Éditions TECHNIP, 1994, p : 3

² DUROUSSET M., « LE MARCHE DU PETROLE », Editions ellipses, Paris, 1999, p : 7

pétrole liquide accompagné de gaz. À plus de 5 000 m, le pétrole "craque" à son tour et se transforme en gaz. Le gaz naturel est considéré comme énergie jumelle du pétrole, il est d'ailleurs fréquent de trouver du gaz naturel là où il y a du pétrole et inversement.

Figure IV-1 : Etapes de la formation du pétrole et quelques exemples de pièges



Source : CNUCED, d'après Pomerol C. et Renard M. (1999), *Eléments de Géologie*, Masson, Paris et SHEPPARD S. Directeur de Recherche, Ecole Normale Supérieure de Lyon

Le pétrole est un mélange d'hydrocarbures (molécules formées d'atomes de carbone et d'hydrogène) et de molécules contenant également d'autres atomes, principalement du soufre, de l'azote et de l'oxygène. Certains de ses constituants sont, à température et à pression ambiantes, gazeux (méthane, propane, etc.), liquides (hexane, heptane, octane, benzène, etc.) et parfois solides (paraffines, asphaltes, etc.). Le pétrole contient des milliers de molécules différentes qu'il va falloir fractionner et transformer chimiquement pour obtenir des produits utilisables.¹

¹ IFPEN : acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement, <https://www.ifpennergiesnouvelles.fr/>

IV-2 LES RESERVES :

Il y a les réserves prouvées et potentielles, les réserves prouvées sont les « quantités de pétrole que les études géologiques et techniques permettent d'estimer avec une certitude raisonnable comme étant susceptibles d'être produites à partir des réservoirs connus dans les conditions technologiques et économiques du moment »¹

Evaluer les réserves de pétrole est une question importante afin de gérer au mieux cette ressource non renouvelable. En effet, une fois l'ensemble des ressources pétrolifères épuisées, cette source d'énergie sera définitivement tarie. Cependant les réserves évoluent sans cesse, et contrairement à ce qu'on pourrait penser les réserves identifiées (ou prouvées) n'ont jamais été aussi importantes qu'à l'heure actuelle : les estimations varient entre 140 Gt (giga tonnes ou milliards de tonnes, équivalent à 1050 Gb ou giga barils) d'après le Oil & Gas Journal (OGJ) et 160 Gt (1200 Gb) d'après l'US GEOLOGICAL Survey (USGS). En se basant sur la consommation actuelle de pétrole, ces chiffres nous mèneraient entre 53 et 63 ans de production (suivant les ressources).²

L'épuisement des réserves de pétrole est un sujet ouvert qu'il est très difficile, voire impossible, de prédire aujourd'hui. Grâce à la découverte de nouveaux gisements et à l'amélioration du rendement d'extraction, actuellement situé autour de 30%, chiffre qui, selon certains, pourrait atteindre 50 à 60% du fait des progrès technologiques ; ce qui entraînerait la réouverture de gisements considérés aujourd'hui comme épuisés, et la quantité actuelle de réserves prouvées exploitables pourrait être modifiée.

On dénombre environ 30 000 gisements rentables, de quelques dizaines à quelques centaines de km². Parmi eux, l'on distingue 450 à 500 gisements dits "géants" (avec des réserves supérieures à 70 millions de tonnes), dont une soixantaine de "super-géants" (avec des réserves supérieures à 700 millions de tonnes). Ces gisements sont très inégalement répartis : 60 % des "super-géants" sont au Moyen-Orient et représentent 40 % des réserves prouvées de la planète.³

Les 2/3 des réserves mondiales de pétrole sont concentrées au Moyen-Orient et Plus de 65 % des réserves prouvées mondiales de gaz naturel sont

¹ GIRAUD A. et Boy de la Tour X., « GEOPOLITIQUE DU PETROLE ET DU GAZ », Editions TECHNIP, Paris, 1987, p : 64

² Site d'Internet : <https://www.petroleumonline.com/>

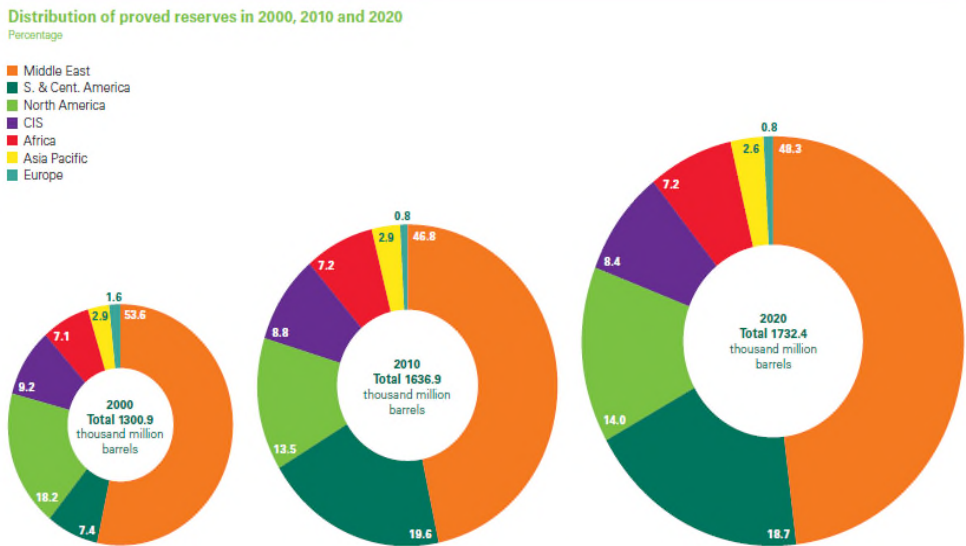
³ IFPEN : Institut français du pétrole (IFP) acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement, <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/>

concentrées en Russie et au Moyen-Orient (Iran, Qatar, etc.). Les réserves offshore représentent environ 1/3 des réserves gazières mondiales.¹

Le fait marquant est une disproportion énorme entre les réserves du Moyen Orient et celles du reste du monde. De plus, en distinguant une répartition non par région mais par pays de l'OPEP (Les pays membres de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP ou OPEC en anglais) sont l'Algérie, l'Indonésie, l'Iran, l'Iraq, le Koweït, la Libye, le Nigeria, le Qatar, l'Arabie Saoudite, les Emirats Arabes Unis et le Venezuela), et hors OPEP, celle-ci montre que les premiers détiennent 78% des réserves mondiales de pétrole brut prouvées.²

La figure ci-dessous indique la répartition des réserves de pétrole et gaz naturel prouvées en fonction des différentes zones géographiques.

Graphes IV-1.1 : Part des régions dans les réserves mondiales prouvées de pétrole

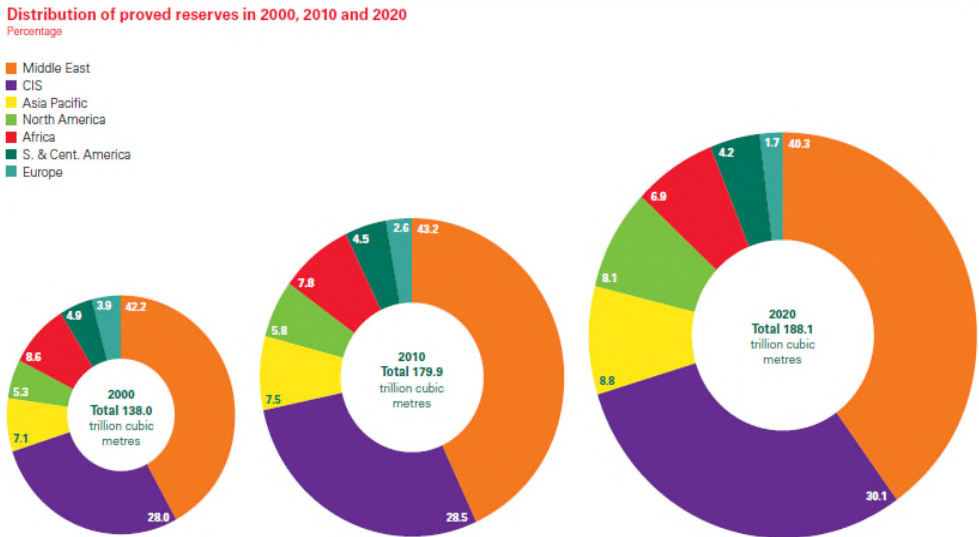


Source : BP Statistical Review of world energy - all data, BP, July 2021

¹ IFPEN : Institut Français de Pétrole Énergies Nouvelles, <https://www.ifpennergiesnouvelles.fr/>

² MOSSERI R. et JEANDEL C., « L'ÉNERGIE À DÉCOUVERT », CNRS Éditions, Paris, 2013, p : 79

Graphe IV-1.2 : Part des régions dans les réserves mondiales prouvées du gaz naturel



Source : BP Statistical Review of world energy - all data, BP, July 2021

IV-3 L'EXPLORATION :

L'exploration (recherche de gisements) et l'extraction du gaz naturel utilisent des techniques à peu près identiques à celles de l'industrie du pétrole. Une grande partie des gisements de gaz connus à travers le monde a d'ailleurs été trouvée au cours de campagnes d'exploration dont l'objectif était de trouver du pétrole.

L'objectif de l'exploration est l'étude d'un périmètre de recherche et la préparation des implantations de forages d'exploration, l'exploration a beaucoup progressé en terme de fiabilité et ce, depuis l'invention de la sismique à trois dimensions. En effet, jusqu'alors les études du sous-sol terrestre, essentielles pour découvrir de nouvelles nappes de pétrole ainsi que pour déterminer les meilleurs emplacements pour le forage, étaient basées sur des études sismiques à deux dimensions. Les résultats amenaient à un taux de réussite d'environ 30 à 40 %.

Depuis moins de dix ans, l'apparition de l'exploration à trois dimensions a permis d'atteindre un taux de réussite de 70%. Ces techniques sont aux dépens identiques à celles à deux dimensions : des ondes issues d'explosions

provoquées se propagent dans le sous-sol terrestre et les "échos" de ces ondes sont enregistrés puis analysés pour en déduire la configuration du terrain en profondeur.

Là où la sismique à deux dimensions utilisait une ligne d'émetteurs et de récepteurs, la sismique à trois dimensions quadrille une surface avec ces émetteurs et récepteurs, multipliant du même coup considérablement la quantité de données à traiter. Seuls les progrès informatiques récents et la création d'algorithmes spécifiques permettent de traiter ces données. La quantité d'information récoltée est de l'ordre du Téraoctets (soit l'équivalent de mille milliards de caractères écrits). Le coût de la sismique 3D est bien plus élevé que la sismique 2D, néanmoins elle est de plus en plus utilisée du fait de la qualité des résultats obtenus.¹

IV-4 EXPLOITATION – EXTRACTION :

Le gaz naturel et le pétrole brut sont souvent associés et extraits simultanément des mêmes gisements, ou encore des mêmes zones de production. Les hydrocarbures liquides proviennent du pétrole brut pour une proportion moyenne de l'ordre de 80 % ; les 20 % restants, parmi les fractions les plus légères, le propane et le butane sont presque toujours liquéfiés pour en faciliter le transport.

L'exploitation pétrolière a connu de grands changements avec l'apparition des plates-formes pétrolières en haute mer (on parle également de forages offshore).

Le forage constitue l'essentiel des dépenses et représente de 60 à 80% du coût total de l'exploitation, il consiste à faire un trou d'un diamètre décroissant de 90 à 15 centimètres et jusqu'à une profondeur qui peut dépasser 10000 mètres, il est réalisé par la rotation de tiges creuses vissées bout à bout, d'un outil appelé trépan.²

Du fait de considérations environnementales et économiques, de nouveaux types de forages sont actuellement à l'essai : les forages horizontaux. Le principe repose sur le fait de creuser plusieurs puits à partir du même forage, une légère courbure étant imprimée à la direction du puits lors de son forage. La partie terminale du puits peut se retrouver à l'horizontale. Les deux avantages de cette méthode sont une réduction des nuisances faites sur l'environnement et une

¹ Site d'Internet : <https://www.petroleumonline.com/>

² MASSERON J., L'ECONOMIE DES HYDROCARBURES, TECHNIP, 4eme édition, Paris, 1991, p : 110

réduction de coût. En effet, là où une dizaine de puits séparés étaient nécessaire, impliquant par là-même autant de constructions routières, de réservoirs, de hangars etc. ; Un seul de ces complexes est requis, tout en exploitant le même volume de nappe de pétrole. Les infrastructures à mettre en place sont donc beaucoup moins nombreuses, limitant d'autant les frais d'exploitation.

Quant à l'extraction pétrolière, elle n'a pas énormément évolué contrairement à l'exploitation. Les rendements d'extraction sont toujours faibles. Compte tenu des technologies actuelles, 30 à 35% du volume d'une poche de pétrole est extractible. Ce chiffre peut varier suivant le type de pétrole, néanmoins 35% est un maximum. Cependant, certaines recherches laissent penser qu'il serait possible d'augmenter ces rendements jusqu'à 60 voire 70 %. De ce fait, des rachats de certains gisements considérés aujourd'hui comme épuisés ont eu lieu. Ces gisements deviendraient de nouveau exploitables à condition que les technologies susmentionnées soient confirmées.³

IV-5 L'OFFRE ET LA DEMANDE DU PETROLE :

Depuis la période à laquelle a pu être située la guerre du feu, l'énergie est indispensable aux activités humaines domestiques, comme industrielles, elle permet de satisfaire des besoins de chaleur, de force motrice, d'éclairage, etc.

Les principaux déterminants de la demande d'énergie sont l'évolution démographique et le développement économique, c'est ainsi que la consommation par habitant varie de l'Afrique à l'Europe ou en Amérique du nord.

Actuellement, 96 % des transports mondiaux utilisent des hydrocarbures comme énergie : que ce soit le transport maritime, le transport aérien, fluvial, routier, tous n'utilisent que des moteurs à explosion. Le seul secteur où le moteur à explosion n'est pas prépondérant, c'est le transport ferroviaire de passagers, en grande partie électrifié (bien qu'une part non négligeable de cette électricité soit produite avec du pétrole). En plus la part des consommations du secteur transport est en forte croissance et la poursuite de cette augmentation paraît inéluctable pour les deux premières décennies du 21^{ème} siècle, à moins que ne soient menées des politiques très volontaristes pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

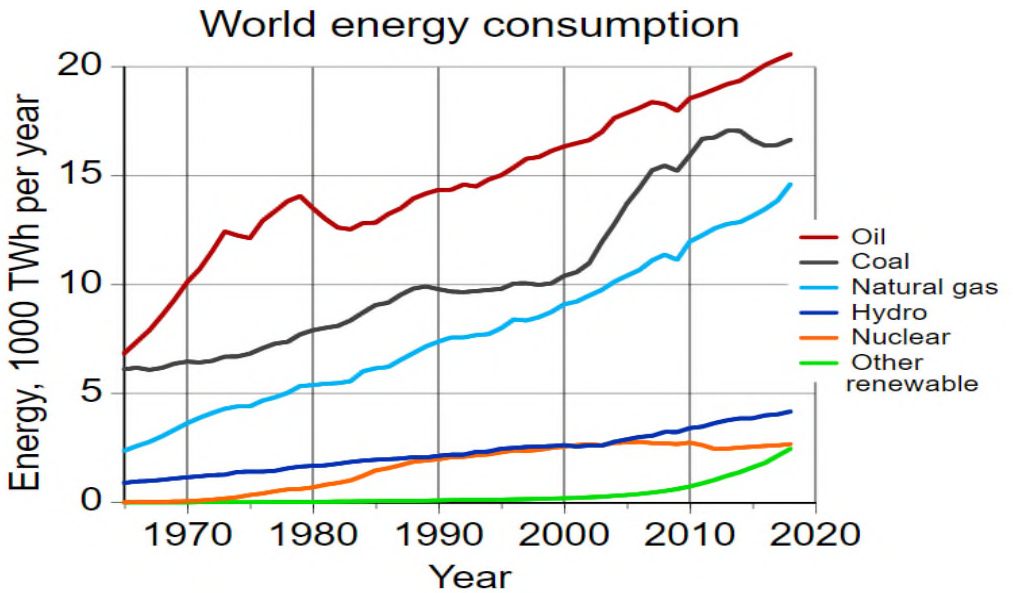
Pour le pétrole brut l'offre est déterminée à l'exploitation. A rythme inchangé et dans les conditions techniques et économiques d'aujourd'hui, les

³ Site d'Internet : <https://www.petroleumonline.com/>

réerves prouvées de pétrole sont environ de 1000 milliards de barils ou 140 milliards de tonnes.

Le pétrole s'est affirmé dans l'économie mondiale avec une croissance spectaculaire de la production, le graphe (IV-2) nous donne un aperçu sur la part du pétrole dans la consommation mondiale des principales sources d'énergies, le graphe (IV-3) illustre la production du pétrole et sa consommation mondiale.

Graphe (IV-2) : Consommation énergétique mondiale, en térawatts-heures (TWh), de 1965 à 2018 (pétrole, charbon, gaz naturel, hydraulique, nucléaire, autres renouvelables)



Source : BP Statistical Review of world energy - all data, BP, 11 juin 2019.

Le pétrole continue de détenir la plus grande part du mix énergétique (31,2 %). Le charbon est le deuxième combustible en 2020, représentant 27,2 % de la consommation totale d'énergie primaire. La part du gaz naturel et des énergies renouvelables a atteint des niveaux record de 24,7 % et 5,7 % respectivement. Les énergies renouvelables ont maintenant dépassé le nucléaire qui ne représente que 4,3 % du mix énergétique. La part de l'hydroélectricité dans l'énergie a

augmenté de 0,4 point de pourcentage l'an dernier pour atteindre 6,9 %, la première augmentation depuis 2014.⁴

Graphes (IV-3) : Production et consommation mondiales (en milliers de barils par jour, 1993 - 2019)



Source : U.S. Energy Information Administration, avril 2020, BP Statistical Review of World Energy, juin 2020, compilations du MERN.

⁴ BP Statistical Review of world energy – full report, BP, July 2021

IV-6 EVOLUTION DU PRIX DE PETROLE

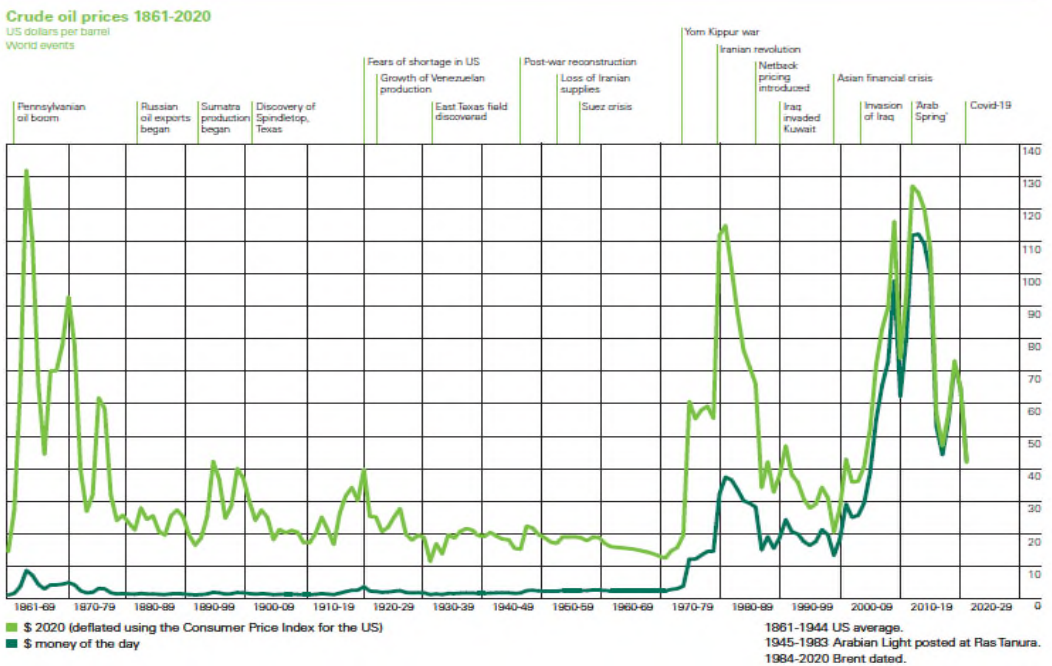
Jusqu'à la fin de 1985, les prix internationaux du baril étaient unilatéralement fixés par les producteurs : OPEP ou la société britannique BNO. Sur le marché "spot" (enlèvements ponctuels, au jour le jour), les cotations du baril de Mer du Nord (origine zone britannique "BRENT") portaient sur des transactions marginales.

À partir de 1986, le cours spot du BRENT s'est progressivement imposé comme une référence représentative du prix des approvisionnements européens.

Après d'éphémères tentatives de valorisation NETBACK (valeur déduite de celle des produits raffinés) puis de restauration d'un prix officiel de l'OPEP, le prix du pétrole a évolué vers un prix de marché libre.

Depuis 1989, les contrats d'approvisionnement pour l'Europe se réfèrent directement aux cotations spot : le prix franco à bord (FAB) de chaque origine est basé sur le cours spot du BRENT corrigé d'un écart prenant en compte l'éventuelle différence de qualité, l'évolution du prix du baril présentée dans le graphe (IV-4)

Graphique IV-4 : Evolution du prix du baril en dollars depuis 1861 à 2020



Source : BP Statistical Review of world energy - full report, BP, July 2021

IV-7 CHOCS ET CONTRE-CHOCS PETROLIERS DEPUIS 1973

L'évolution du prix du pétrole à travers le temps a connu plusieurs chocs et contre-chocs qui sont en résumé comme suit : ⁵

➤ 1973: GUERRE DU KIPPOUR ET PREMIER CHOC PÉTROLIER :

Le 16 octobre 1973, dix jours après le début de l'offensive égyptienne et syrienne contre Israël, six pays du Golfe membres de l'OPEP (Organisation des pays exportateurs de pétrole) augmentent de 70% les prix du pétrole. Pour la première fois depuis la création de ce cartel en 1960, des Etats producteurs imposent une hausse de prix sans l'aval des compagnies pétrolières. Ils décrètent un embargo contre les pays occidentaux jugés pro-israéliens, ce qui provoque une envolée des prix et une crise pétrolière mondiale.

Nouvelle augmentation en décembre, le prix du baril atteint 11,65 dollars, soit quatre fois son niveau de septembre. Il quintuplera un an plus tard.

➤ 1979: DEUXIÈME CHOC PÉTROLIER

Sous les effets conjugués de la Révolution islamique iranienne et de la guerre Iran-Irak (1980-1988), la production mondiale diminue, provoquant une flambée des prix. C'est le deuxième choc pétrolier. Le brut culmine à 40 dollars à l'automne 1979.

Les pays consommateurs vont s'efforcer de réduire leur dépendance en mettant en œuvre des politiques d'économies d'énergie et en diversifiant les sources énergétiques.

➤ 1986: LA GUERRE DES PRIX

La récession économique mondiale entraîne une chute des cours à partir de décembre 1985. Malgré plusieurs baisses de production décidées par l'OPEP, les prix stagnent, faute de coopération des pays non membres du cartel.

L'Arabie Saoudite et le Koweït déclenchent à l'automne 1986 une guerre des prix en produisant à plein régime. Le baril tombe à 8 dollars, contraignant les pays non OPEP à réduire leur production.

Le brut remonte alors et fait même une courte incursion au-dessus des 40 dollars à l'automne 1990, juste avant la guerre du Golfe.

⁵ Site d'Internet : www.prixdubaril.com

➤ **1997: UNE ERREUR D'APPRÉCIATION**

En novembre 1997, l'OPEP relève de 10% sa production, sans tenir compte de la crise asiatique. Les cours s'effondrent de 40%, passant fin 1998 à moins de 10 dollars le baril. Il faudra près d'un an et demi à l'Organisation pour redresser la barre, en baissant sa production malgré une forte demande pour que le prix atteigne les 32 dollars en septembre 2000.

➤ **2004-2007: TROUBLES ET CATASTROPHE**

A partir de l'été 2004, le baril s'envole dans un environnement géopolitique marqué par une aggravation du conflit au Proche-Orient et des attentats en Irak ainsi que des troubles sociaux au Venezuela et au Nigeria, tous trois pays producteurs. En octobre 2004, le brut dépasse 50 dollars. L'augmentation des prix s'accélère après l'ouragan Katrina qui frappe les installations pétrolières du Golfe du Mexique, franchissant en août 2005 la barre des 70 dollars. Cette nouvelle flambée est qualifiée de troisième choc pétrolier.

➤ **2008-2009: UN RECORD PUIS UNE CHUTE**

Après avoir touché brièvement en janvier le seuil psychologique des 100 dollars, le baril, dopé par la baisse des stocks américains et la croissance chinoise, repart en flèche au printemps, au fur et à mesure que s'affaiblit le dollar. Le 11 juillet, il atteint son record absolu, dépassant les 147 dollars.

Mais la crise des SUBPRIME qui va entraîner une crise économique mondiale et le recul de la consommation font plonger les cours du brut qui perdent en cinq mois plus des deux tiers de leur valeur, chutant en décembre 2008 à 32 dollars.

➤ **2011: LE CONFLIT LIBYEN ENFLAMME LE MARCHÉ**

La guerre civile qui secoue la Libye et provoque la suspension de la production pétrolière, fait bondir les cours de près de 35% jusqu'à un pic de 127 dollars le 11 mars.

➤ **2014-2016: UNE DEMANDE EN BAISSSE**

Depuis l'été 2014, le prix du baril a dégringolé de 70% passant en 18 mois de 110 à 30 dollars, sur fond d'offre trop abondante face à une faible demande.

La baisse continue des cours du brut est en grande partie imputable à l'offensive commerciale de l'OPEP, et notamment de l'Arabie saoudite, qui

inonde le marché d'or noir afin de contrer l'essor des hydrocarbures de schiste aux États-Unis. Elle s'explique aussi par la faiblesse de la demande chinoise, qui ne joue plus son rôle de locomotive.

➤ **2018-2019: COUPES OPEP+**

Les 24 pays regroupés au sein de l'« OPEP+ » (dont 14 pays OPEP et la Russie en tête du groupe non-OPEP) multiplient les accords sur des réductions de production de pétrole ce qui a pour effet de maintenir les prix du baril à la hausse.

➤ **2018-2019: GUERRE COMMERCIALE USA – CHINE**

Ce conflit impact directement le moral des investisseurs ainsi que les prévisions de croissance mondiale. L'activité économique est à la traîne tandis que la demande de pétrole est en berne. Selon la balance de l'offre et de la demande, les prix du pétrole baissent quand l'offre est excédentaire face à la demande.

➤ **2020: FIN DE L'OPEP+**

Le 9 mars 2020, déjà baptisé de Lundi noir / Krach pétrolier, les cours du pétrole ont encaissé leur pire séance depuis le début de la guerre du Golfe en 1991 en chutant d'environ 25% à New York comme à Londres après l'échec de discussions entre la Russie et l'Arabie saoudite, les deux chefs de files de l'OPEP+.

La Russie, deuxième producteur mondial de pétrole, s'était opposée à une nouvelle réduction de 1,5 million de barils par jour, déclenchant la décision de L'Arabie saoudite de baisser unilatéralement ses prix à la livraison, opérant la plus importante réduction de prix depuis 20 ans.

Parallèlement, l'épidémie de coronavirus provoque des craintes sur l'activité économique et de la demande mondiale d'or noir, une première depuis 2009.

➤ **DEPUIS FEVRIER 2022, AUGMENTATION DU PRIX**

En février 2022, le prix en dollars du baril de pétrole brut de la mer du Nord (Brent) reste très dynamique (+11,9 % après +16,2 %), s'établissant en moyenne à 96,8 \$. Avec la tendance haussière, des spécialistes disent que le prix du pétrole brut pourrait s'envoler à 150 dollars le baril d'ici l'année prochaine 2023.

IV-8 LE TRANSPORT DU PETROLE BRUT

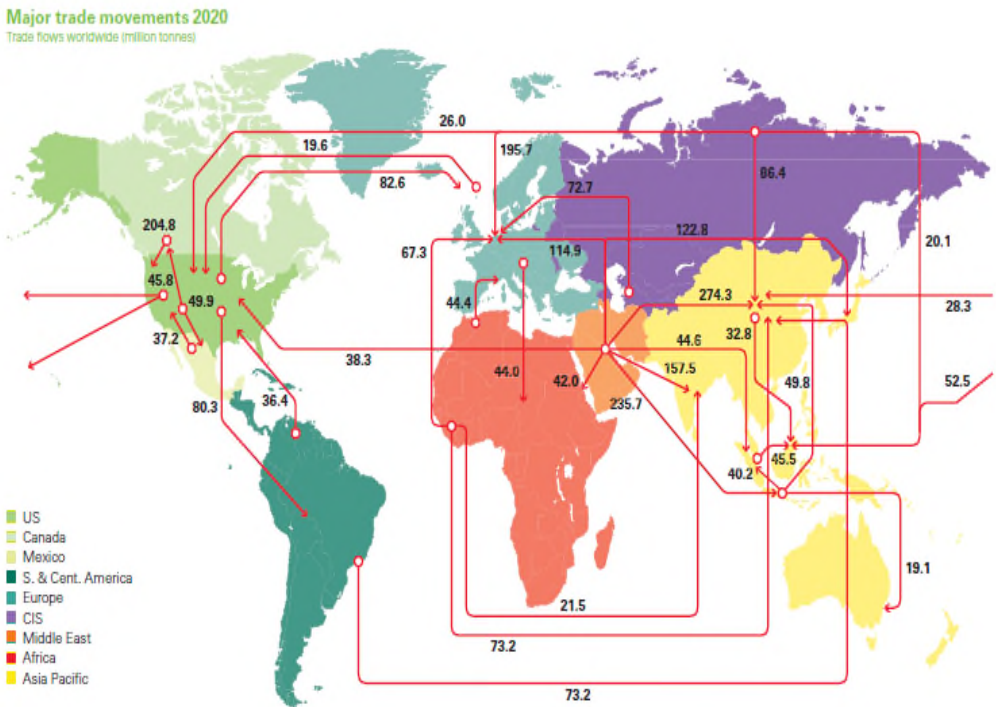
Le transport du pétrole brut se fait essentiellement par mer (transports maritimes) et par pipelines ou les oléoducs.

Les frais de transport représentent une grosse part de la chaîne des coûts techniques pétroliers, et varient en fonction de la distance à parcourir jusqu'au consommateur final. Le transport compte pour près de 35% du coût total, dont près du tiers pour le pétrole brut. ⁶

- *Le transport maritime du pétrole :*

Le commerce pétrolier maritime dans le monde représente près de la moitié du commerce maritime mondial. En 2020, environ 2.1 milliards de tonnes de pétrole ont été transportées sur les océans voir figure (IV-2).

Figure IV-2 : Flux commerciaux du pétrole dans le monde (millions de tonnes) 2020



Source : BP Statistical Review of world energy - full report, BP, July 2021

⁶ MASSERON J., L'ECONOMIE DES HYDROCARBURES, TECHNIP, 4eme édition, Paris, 1991, p : 167

L'importance de ce commerce et encore accrue par les très grandes distances que doivent parcourir les navires pétroliers comme on le voit dans le tableau (IV-1) qui présente le nombre de jours et de rotation par an que les navires pétroliers réalisent en transportant le pétrole.

Tableau VI-1 : Trafic Pétrolier

Vitesse (nœuds ¹)	Jours de mer		Rotation (jours)		Nombre de rotation par an	
	16	12	16	12	16	12
New York – Golf Arabo-Persique	21.9	25.3	49.8	56.6	6.9	6
New York – Venezuela	4.8	5.3	13.6	14.6	25.4	23.6
New York – Proche Orient (Méditerranée)	13.5	15	31	34	11.1	10.1
New York – Nigeria	10	11	24	26	14.4	13.3
Kobe – Golfe Arabo-Persique	17	18.9	38	41.8	9.1	8.2
Kobe – Indonésie	8	8.9	20	21.8	17.2	15.8
Rotterdam – Golfe Arabo-Persique						
Aller-retour via le Cap	29	32.2	62	68.4	6.5	5
Rotterdam – Proche Orient	8.7	9.6	21.4	23.2	16	14.9
Rotterdam – Golfe Arabo-Persique						
allez via Suez retour via le Cap			48.2	62.2	7.2	5.5
Lavéra – Proche Orient	4.2	5.6	12.4	15.2	28	22.1

Source : MASSERON J., L'ECONOMIE DES HYDROCARBURES, page : 173

La plupart des convois pétroliers suivent un ensemble de routes maritimes. Environ la moitié du pétrole transporté a comme point d'origine le Moyen Orient et comme destination le Japon, les Etats-Unis ou l'Europe.

Un des avantages du transport maritime est sa souplesse : les navires pétroliers peuvent changer de trajet selon les besoins, transporter n'importe quel type de pétrole et répondre à la demande saisonnière en augmentant leur capacité.

À l'origine, le transport du pétrole s'effectuait dans des barils en bois que l'on chargeait dans les cales des navires. Le baril (159 L) est d'ailleurs encore l'unité de mesure utilisée. Ensuite, on a eu l'idée de construire des navires qui étaient des réservoirs flottants : les pétroliers. Aujourd'hui, la plupart des pétroliers sont des supertankers, navires pouvant atteindre 350 m de long et capables de transporter plus de 100 000 t de pétrole.

¹ 1 nœud = 1 mile/heure, 1 mile = 1852 m

- *Les oléoducs :*

La solution la plus simple et la plus sûre pour transporter un liquide est le tuyau. Dans l'industrie pétrolière, on l'appelle oléoduc ou pipeline. La première fois qu'une conduite pour évacuer la production d'un gisement fut utilisée aux Etats-Unis, en 1865. Et depuis l'emploi du pipeline s'est généralisé dans le reste du monde.

Le terme oléoduc désigne une canalisation servant à transporter des produits pétroliers entre deux endroits séparés d'une distance plus ou moins grande, tel que, les sites de production et les ports de chargement ou entre une raffinerie et les centres de distribution ou d'utilisation.

Un oléoduc est une conduite, dont le diamètre peut atteindre un mètre de plusieurs centaines, voire plusieurs milliers, de kilomètres. La pression obtenue par des pompes atteint 80 à 100 bars ce qui nécessite des conduites en acier à haute résistance. Le pétrole s'écoule à une vitesse de 1.8 à 2 mètres par seconde, des stations de pompage situées tous les 60 à 100 kilomètres relèvent la pression.¹

C'est très rare que les raffineries soient situées sur le gisement pétrolier. Le brut est acheminé vers un port d'exportation ou vers des raffineries nationales ou d'un pays voisin. Exemple en Algérie deux oléoducs reliant le gisement de Hassi Messaoud et les ports d'Oran et d'Annaba.

L'oléoduc reste le moyen de transport le mieux adaptée et le moins coûteux pour un transport massif du pétrole par rapport au transport ferroviaire ou terrestre, un oléoduc d'un mètre de diamètre peut avoir une capacité de transport de 50 MT par an soit le chargement de 250 pétroliers de 200000 tonnes. Néanmoins, l'installation d'un oléoduc est coûteuse : dans des conditions difficiles, le coût d'un kilomètre peut être aussi élevé que celui de la construction d'un kilomètre d'autoroute.

IV-9 LE TRANSPORT DU GAZ NATUREL :

Le transport du gaz traité (gaz pauvre, presque exclusivement du méthane) est par nature beaucoup plus difficile que pour le pétrole. Cela explique que, pendant longtemps, les gisements de gaz n'intéressaient les compagnies que s'ils étaient relativement proches des lieux de consommation, tandis que les gisements trouvés dans des endroits isolés n'étaient développés que si leur taille justifiait les infrastructures nécessaires.

¹ DUROUSSET M., « LE MARCHÉ DU PÉTROLE », Editions Ellipses, Paris, 1999, page : 25

Pour transporter le gaz naturel des gisements vers les lieux de consommation, les gazoducs sont le moyen le plus courant. Toutefois, une part croissante du gaz consommé est transportée sous forme liquide, à -162 °C et à pression atmosphérique, c'est-à-dire sous forme de gaz naturel liquéfié (GNL), dans des méthaniers.

Cette solution, qui permet de « condenser » l'énergie gazeuse sous un volume réduit, exige des investissements très lourds, tant pour la liquéfaction que pour le transport. L'importance des coûts de transport place la notion de distance au cœur de la problématique de commercialisation du gaz : 2/3 de la production mondiale est commercialisée au sein des pays producteurs et seulement le tiers restant fait l'objet d'échanges internationaux. La part des échanges internationaux dans la production mondiale est croissante en raison de l'éloignement progressif des zones de production par rapport aux centres de consommation.¹

- *Le transport maritime du Gaz Naturel par méthanier:*

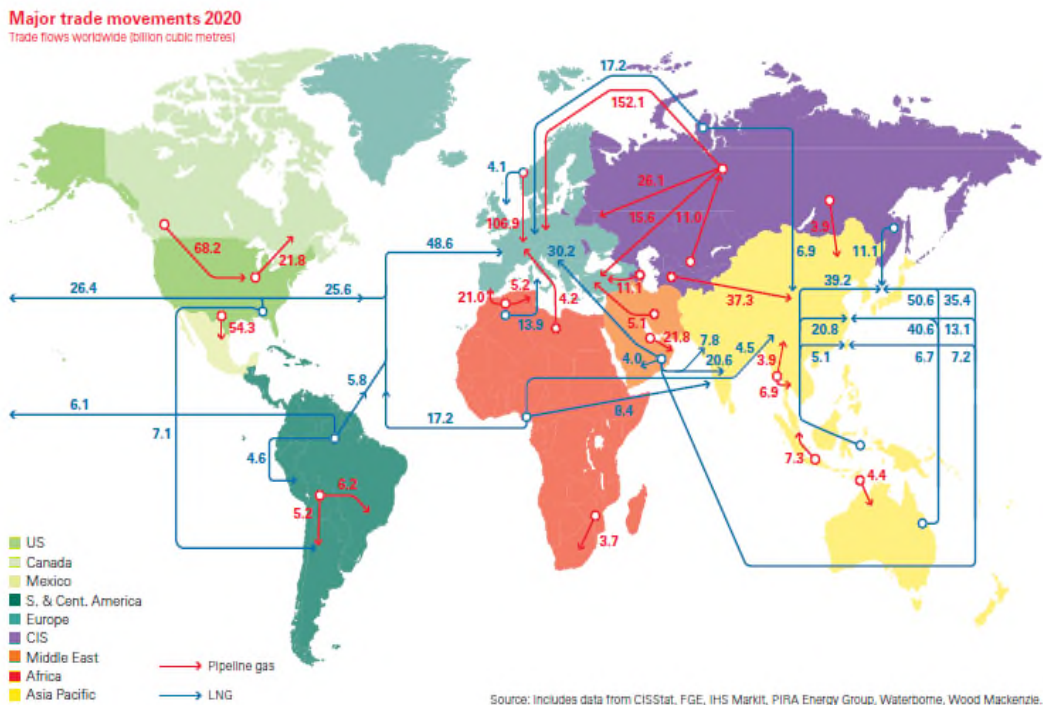
On a recours à cette option en cas de longues distances ou de difficultés liées aux conditions géopolitiques ou géographiques des pays traversés. En offrant de plus en plus de flexibilité et de possibilités d'arbitrages sur les marchés internationaux, le transport par méthanier connaît un bel essor et joue un rôle croissant dans les échanges gaziers. Le gaz naturel est liquéfié le temps de son transport. Il est alors appelé GNL (gaz naturel liquéfié) avant d'être à nouveau gazéifié dans le pays acheteur.

Plus des deux tiers des échanges de gaz se font via des gazoducs, terrestres ou sous-marins, le reste faisant l'objet d'échanges mondiaux de GNL par méthaniers.

Le commerce du gaz naturel maritime par méthanier représente en 2020, environ 487.9 milliards m³ de gaz naturel ont été transportées sur les océans voir figure (IV-3).

¹ IFPEN : Institut Français de Pétrole Énergies Nouvelles, <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/>

Figure IV-3 : Flux commerciaux du gaz naturel dans le monde (milliards de m³) 2020



Source: Includes data from CISStat, FGE, IHS Markit, PIRA Energy Group, Waterborne, Wood Mackenzie.

- *Le transport par GAZODUC*

C'est l'option la plus répandue. Elle est quatre ou cinq fois plus coûteuse que le transport du pétrole par pipeline. Le gaz naturel doit être comprimé tous les 120 à 150 km par des stations de compression. Car c'est la différence de pression qui provoque le déplacement du gaz à une vitesse de 15 à 20 km/h.¹

La caractéristique majeure des gazoducs réside dans des diamètres supérieurs à ceux des oléoducs, pour une canalisation de diamètre donné permet en moyenne le passage d'une quantité de brut cinq fois supérieure à celle du gaz. En vertu des phénomènes physiques qui régissent l'écoulement des fluides dans une conduite, on est amené à considérer des canalisations pour le gaz avec des diamètres doubles par rapport à celles du brut.²

¹ IFPEN : Institut Français de Pétrole Énergies Nouvelles, <https://www.ifpennergiesnouvelles.fr/>

² MASSERON J., L'ECONOMIE DES HYDROCARBURES, TECHNIP, 4eme édition, Paris, 1991, p : 481

Mouvements commerciaux mondiaux par pipeline en 2020 est de l'ordre de 455.8 milliards de m³.¹

IV-10 LE STOCKAGE DU PETROLE BRUT ET DU GAZ NATUREL :

Le stockage du pétrole et du gaz consiste à immobiliser temporairement des volumes de pétrole ou de gaz dans des capacités de stockage de surface ou souterraines à la pression atmosphérique.

Le stockage est non seulement nécessaire pour compenser les fluctuations d'approvisionnement dues à toutes sortes d'aléas lors de la production, du transport et du raffinage, ou les variations de la consommation, qui dépendent notamment des conditions météorologiques. Le stockage doit être assuré aux différentes étapes du cheminement du pétrole, depuis le puits de production jusqu'aux lieux de consommation.

Les dépôts pétroliers importants se trouvent essentiellement sur les lieux de production du pétrole brut, aux extrémités des oléoducs, dans les terminaux de chargement et de déchargement du pétrole, à proximité des raffineries. Ces stockages concernent le pétrole brut, les charges, les coupes intermédiaires et les produits finis avant expédition.

- **Stockage du pétrole :** Les réservoirs, généralement de forme cylindrique, sont de deux types :
- Les réservoirs à toit fixe, utilisés pour le stockage d'huile non stabilisée (c'est-à-dire de pétrole comportant encore des hydrocarbures volatils pouvant dégazer). Il existe deux types de toits fixes, les toits de formes coniques et les toits en forme de dôme (sphérique ou ellipsoïdal) ;
 - Les réservoirs à toit flottant (simple pont ou double ponts), utilisés pour le stockage d'huile stabilisée (ne présentant pas de risque de dégazage). Le toit flotte sur le produit stocké et fait étanchéité avec la robe du réservoir au moyen d'un joint. Le toit peut être interne ou externe ;

En moyenne, le stockage du brut représente 8 jours de marche si la raffinerie est alimentée par pipeline et 4 et 6 semaines si elle est approvisionnée par pétrolier. Pour les produits intermédiaires et les produits finis, on comptera environ 45 jours de stockage en tout, dans 1 mois pour le stockage des produits finis à lui seul. En plus, beaucoup de pays exigent une capacité de stockage de

¹ includes data from FGE MENA gas service, IHS Markit

réserve, et une partie de cette réserve doit être située en raffinerie, ces stockages doivent représenter un minimum de 90 jours de consommation. ¹

➤ **Stockage du gaz naturel**² : Plusieurs méthodes permettent de stocker le gaz dans des sites aériens ou souterrains.

- Les réservoirs de gaz aériens : ils sont utilisés pour stocker le gaz à pression atmosphérique. Ils se présentent sous forme de réservoirs cylindriques. Leur capacité de stockage est comprise entre 500 et 10 000 m³ ;

- Les réservoirs de GNL aériens : ils sont utilisés pour stocker le gaz à pression atmosphérique à l'état liquide. A environ -161°C, le gaz naturel se condense pour devenir un liquide, le gaz naturel liquéfié (GNL). Celui-ci occupe près de 600 fois moins de volume qu'à l'état gazeux. Les réservoirs GNL sont des réservoirs cylindriques verticaux installés près des terminaux méthaniers pour réceptionner et stocker le GNL acheminé par navires méthaniers. Ces réservoirs métalliques ou en béton ont une double paroi et une isolation thermique puissante afin de maintenir le gaz à l'état liquide.

- Le stockage souterrain : Privilégié par de nombreux pays lorsqu'il est possible, un stockage aérien, pour un usage similaire, nécessite des installations sur plusieurs hectares avec des risques d'accidents accrus. Les types de stockage souterrain dépendent des structures géologiques disponibles : les gisements épuisés, les nappes aquifères, les cavités salines. Dans les stockages souterrains, le gaz est injecté sous pression (entre 40 et 270 bars). Cela facilite en retour le soutirage du gaz. Le stockage en nappes aquifères et en cavités salines requiert en amont des travaux de prospection géologique coûteux dont il n'est pas certain qu'ils aboutissent à une recommandation ferme.

IV-11 LE RAFFINAGE :

Le pétrole à l'état brut ne peut être utilisé, le but du raffinage est de séparer les différents éléments ou composants du pétrole afin de le transformer en produits utilisables : produits énergétiques (carburant, fioul) et non énergétiques (matières premières pour la pétrochimie, lubrifiants, bitumes), qui correspondent aux attentes des consommateurs et aux spécifications.

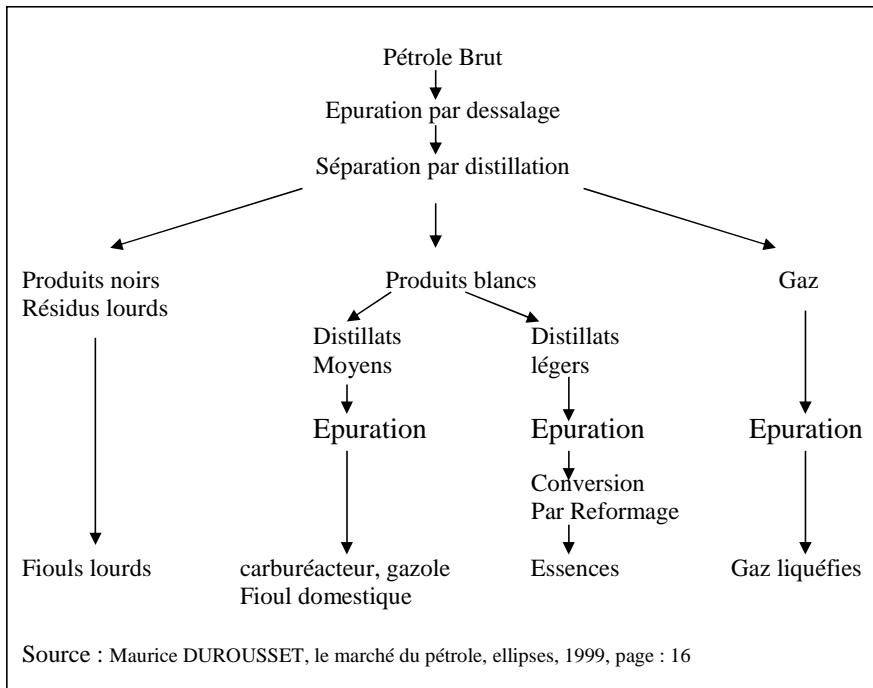
¹ MASSERON J., L'ECONOMIE DES HYDROCARBURES, TECHNIP, 4eme édition, Paris, 1991, p : 280

² Connaissance Des Énergies, « CDE », www.connaissancedesenergies.org

Les produits finis qu'on peut tirer du raffinage sont en très grand nombre, mais on peut les rassembler en trois catégories principales : les essences, les distillats moyens et les fuels lourds. Actuellement, la demande la plus importante concerne les éléments légers (pour les carburants) et les matières premières pour la pétrochimie.

Les procédés physiques et chimiques utilisés dans les raffineries peuvent être résumés dans la figure (IV-4) qui présente un schéma de principe d'une raffinerie simple

Figure IV-4 : schéma de principe d'une raffinerie simple

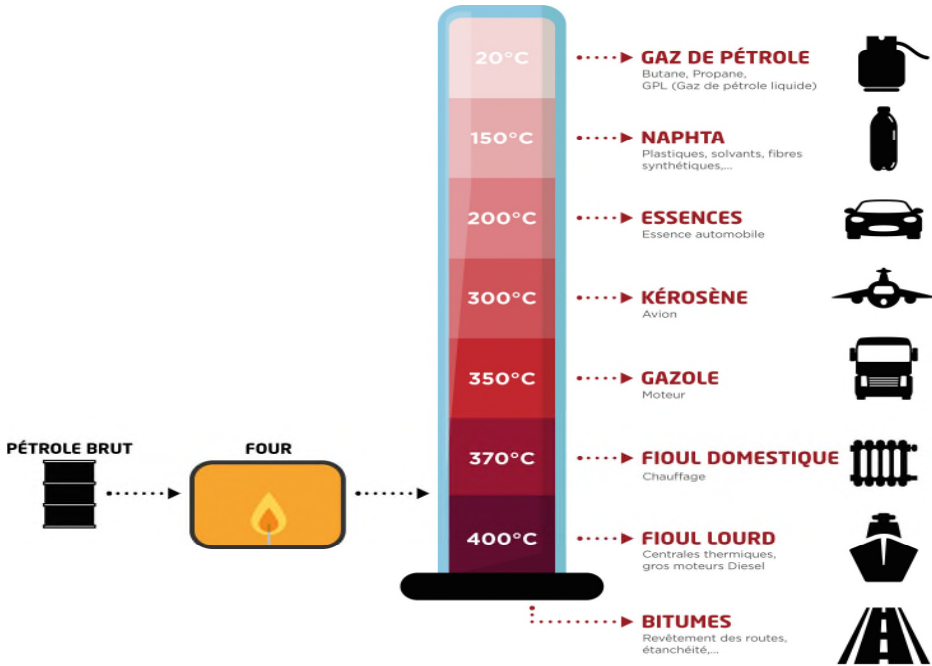


L'outil de raffinage doit permettre de satisfaire la consommation nationale de produits pétroliers. Aujourd'hui, la production de pétrole est principalement consacrée à la fabrication de carburant pour les moyens de transport, en particuliers les véhicules.¹

¹ Site d'Internet : <https://www.petroleumonline.com/>

La figure (IV-5) suivante qui montre les différentes étapes de distillation dans une raffinerie.

Figure IV-5 : Tour de distillation atmosphérique



Sources : Le Comité Professionnel Du Pétrole « CPDP », www.cpdp.org

Le pétrole, une fois raffiné et les produits finis tels que : Gaz propane, gaz butane, essence ordinaire ou normal, Super carburant, kérosène, Jet A1, Gazole moteur, Fioul domestique, Diesel ou Gas-oil, Fiouls, Bitumes ; ou sous forme de produits semi finis qui rentre dans le cadre de l'industrie pétrochimique.

Pour faire face à la demande croissante du marché l'Algérie dispose des installations existantes des raffineries du Nord (Arzew, Skikda et Alger) avec une capacité globale de traitement de pétrole brut 25,565 Millions Tonnes/an. Voir tableau VI-2 ci-dessous :

Tableau VI-2 : Capacité de traitement du pétrole brut et condensat des raffineries en Algérie

Raffinerie	Capacité en Millions Tonnes/an
Traitement pétrole brut	
Raffinerie de Skikda (RA1.K)	16,5
Raffinerie d'Arzew (RA1.Z)	3,75
Raffinerie d'Alger (RA1.G)	3,645
Raffinerie de Hassi-Messaoud (RHM)	1,07
Raffinerie d'Adrar (RAD)	0,6
Total	25,565
Traitement condensat	
Topping Condensat (RA2.K)	5

Sources : site web Ministère De L'énergie Et Des Mines
<https://www.energy.gov.dz/?rubrique=produits-petroliers#546>

Afin de satisfaire la demande du marché national et l'exportation des excédents des produits raffinés, le secteur des hydrocarbures a inscrit dans son plan de développement la réalisation de deux (2) nouvelles raffineries et deux (2) unités d'hydrocraquage du fuel-oil et traitement de naphta excédentaire. Ce plan se résume comme suit :

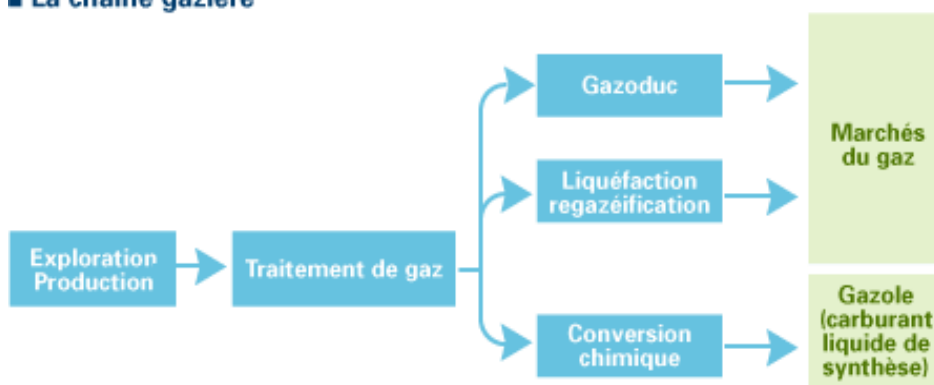
- Nouvelle raffinerie à Hassi-Messaoud, d'une capacité de traitement de pétrole brut de 5 Millions Tonnes/an.
- Nouvelle raffinerie à Tiaret, d'une capacité de traitement de pétrole brut de 5 Millions Tonnes/an.
- Projet d'hydrocraquage de fuel-oil à Skikda, d'une capacité de traitement de 4,6 Millions Tonnes/an.
- Projet traitement de naphta excédentaire à Skikda, d'une capacité de traitement de 4 Millions Tonnes/an.

Avec la réalisation des nouvelles raffineries suscitées, la capacité totale de traitement de pétrole brut en Algérie passera de 25,565 à 35,565 Millions Tonnes/an.

Comme le pétrole, le gaz naturel doit subir des traitements avant d'être livré au consommateur, le gaz extrait de la roche réservoir est transporté par canalisations jusqu'aux usines de traitement. Ensuite, un système d'épuration permet d'éliminer des sous-produits (azote, gaz carbonique, hélium, etc.) qui, sont extraits avec le gaz mais non combustibles, réduisent son pouvoir calorifique, ainsi que des composés corrosifs (soufre) néfastes aux infrastructures de transport. Les composants liquides de gaz naturel (éthane, propane, butane, etc.) et les condensats sont également extraits puis utilisés, en particulier pour la pétrochimie et le raffinage. (Figure IV-6)

Figure IV-6 : Etapes traitement du Gaz Naturel

■ La chaîne gazière



Source : IFPEN, <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/>

L'entreprise nationale Sonatrach en charge de l'activité liquéfaction du gaz naturel et séparation des GPL exploite actuellement quatre (4) complexes de GNL (Arzew et Skikda), d'une capacité totale de 56 Millions m³ /an, dont deux nouveaux complexes mis en production respectivement en 2013 et 2014 à Skikda et Arzew, dotés d'une capacité respectivement de 10,59 Millions m³/an et 9,98 Millions m³/an.

Pour la séparation des GPL, Sonatrach dispose de deux complexes de séparation de GPL situés à Arzew, d'une capacité totale de 10,4 Millions Tonnes/an.

Enfin, pour caractériser l'offre des produits finis, il convient encore de tenir compte des coûts de transformation et de distribution. L'industrie, du raffinage de pétrole brut et/ou du traitement du gaz naturel, a dû et devra continuer à faire

appel à des techniques toujours plus complexes pour répondre aux modifications de la demande, en quantité et en qualité.

La détermination du coût des produits pétroliers pose la question de l'affectation des coûts totaux de traitement en raffinerie, il existe naturellement une infinité de clefs de répartition permettant de définir les coûts moyens, par contre le calcul des coûts marginaux des différents produits est facilité par l'utilisation des modèles (le plus souvent de programmation linéaire) aux quelles font appel la quasi-totalité des raffineurs pour optimiser leurs programmes de fabrication.

- Le besoin de stocker dans les raffineries :

Il est nécessaire de stocker dans les raffineries le pétrole brut, les produits intermédiaires et les produits finis, la quantité que la raffinerie doit disposer dépend de sa complexité, ses moyens d'expédition et son mode d'approvisionnement.

Pour faire face aux séries d'opérations de raffinage, les raffineries doivent disposer d'importants volumes de stockage, d'installations de réception des produits bruts et d'expédition des produits finis.

IV-12 LA DISTRIBUTION DES PRODUITS PETROLIERS FINIS :

C'est la phase finale de l'industrie des hydrocarbures, la distribution et la commercialisation doivent permettre la satisfaction des besoins des consommateurs et obéissent à des spécifications générales d'une part et aux caractéristiques physiques des produits finis (solide ou gazeux, explosive, inflammable, odeur,...) d'une autre part et avec une variation des quantités qui peuvent aller de quelques centilitres à plusieurs dizaines de milliers de tonnes.¹

Le réseau de distribution possède des parcs de stockage ou dépôts répartis à travers un pays ou une région, un parc de camions citerne. Les sociétés ont souvent des contrats à plus ou moins long terme avec les différents clients potentiels pour la fourniture des différents produits cités ci-dessus. Les besoins mensuels de chacun des clients sont connus longtemps à l'avance et réactualisés avant les livraisons en cas de changement. Ces besoins sont entrés comme données dans un programme informatisé servant de plan mensuel de production permettant à déterminer les quantités et les qualités à traiter.

¹ MASSERON J., L'ECONOMIE DES HYDROCARBURES, TECHNIP, 4eme édition, Paris, 1991, p : 321

Entre les raffineries (brut) et les complexes de traitement du gaz naturel, d'une part, et les consommateurs, d'une autre part, les produits pétroliers finis suivent des circuits de distribution très différents suivant leur nature et l'usage qui en est fait.

IV-13 LES PRINCIPAUX MOYENS DE DISTRIBUTION :

Les principaux moyens physiques de distribution des produits pétroliers mis en œuvre sont les transports, les dépôts de stockage.

- ***Le transport des produits finis :***

Les modes de transport utilisés dépendent de la nature et la quantité à transporter et de la distance de livraison, on peut citer parmi ces modes, le transport par canalisation (pipeline), wagons citerne et camions. Quand il s'agit de transporter des quantités unitaires ou lorsque les capacités de stockage sont faibles et que la souplesse des livraisons est primordiale, on fait appel au transport par route car c'est le plus efficace.

- ***Les dépôts de stockage :***

Un dépôt de stockage est un emplacement clos à l'intérieur duquel sont stockés des hydrocarbures à l'état liquide ou à l'état liquéfié. Ce stockage peut être réalisé par des réservoirs fixés ou par des emballages manutentionnables (fûts, bidons, bouteilles, etc.)

Le rôle d'un dépôt de stockage est de distribuer dans sa zone d'action les produits qu'il détient en stock. Deux types de stockage sont utilisés pour les hydrocarbures : stockages aériens et souterrains.

Les stockages aériens, sont des réservoirs pour de petit dépôt de distribution, fabriqués en tôle d'acier qui résiste à la pression atmosphérique sauf pour les sphères de butane et propane et sont souvent reliés à plusieurs moyens de transport massif.

Les stockages souterrains ont des capacités beaucoup plus importante et plus particulièrement utilisés pour les stocks de sécurité et les stocks à faible taux de rotation.

CONCLUSION :

Pour chaque société, les dépenses de distribution dépendent de la part de chaque produit dans ses ventes et, pour chaque produits, des canaux de vente par lesquels elle achemine ses produits jusqu'au consommateur final.¹

Après avoir présenté l'origine du pétrole et du gaz naturel, l'exploration et l'exploitation de ses matières, nous avons examiné les principaux aspects de la distribution et de la commercialisation des produits pétroliers. La conclusion que nous pouvons tirer concernant les perspectives de ces activités est que les produits pétroliers n'échappent pas à la problématique de l'optimisation dans la distribution des produits pétroliers et que l'objectif est de déterminer la quantité optimale à distribuer au moindre coût.

A travers le chapitre suivant, nous allons tenter d'appliquer les modèles de gestion et d'optimisation que nous avons présentée dans le deuxième et troisième chapitre au sein de la Société COGIZ SPA filiale 100% de Sonatrach.

¹ MASSERON J., L'ECONOMIE DES HYDROCARBURES, TECHNIP, 4eme édition, Paris, 1991, p : 395

CHAPITRE -V-

CHAPITRE - V -

MODELE DE GESTION DE LA DISTRIBUTION AU SEIN DE LA SOCIETE COGIZ SPA



INTRODUCTION :

A présent dans ce chapitre qui représente la partie pratique, nous allons essayer d'appliquer un modèle sur le transport et sur les stocks parmi les modèles décrits dans la partie théorique. Pour l'application pratique de notre étude, nous choisissons nous sommes portés sur la société COGIZ SPA qui est une filiale 100% de SONATRACH et qui a pour activité principale la distribution et la commercialisation des gaz industriels.

Ce chapitre est subdivisé en trois parties.

Dans La première partie on donne un aperçu et une présentation de la société COGIZ SPA en générale et de ses produits.

La deuxième partie porte sur la distribution des produits de la société COGIZ SPA, des moyens humains et matériels pour mettre en exécution sa stratégie de distribution.

La troisième partie, c'est la partie qui concerne l'application du modèle qu'on a vu dans la partie théorique et les spécifications d'application du cas.

V-1 PRESENTATION DE LA SOCIETE « COGIZ SPA » ET DE SES PRODUITS

COGIZ est une société par actions au capital social de 402 902 000,00DA et son siège social est à Bethioua. COGIZ SPA a été créé en septembre 1998. Filiale à 100% du groupe SONATRACH, elle est chargée du Conditionnement et commercialisation des gaz industriels en Algérie et à l'étranger. La principale mission de COGIZ est de répondre aux besoins du groupe SONATRACH.

COGIZ SPA est une société qui est certifié aux normes qualité, sécurité et environnement (ISO 9000/14001/OHSAS 18001).

COGIZ commercialise actuellement deux produits, à savoir :

V-1.1 AZOTE (N₂): COGIZ a démarré son exploitation en janvier 2000, commercialise 100% de la production dans les deux sociétés de production Mixte par le biais de contrats de cession à savoir :

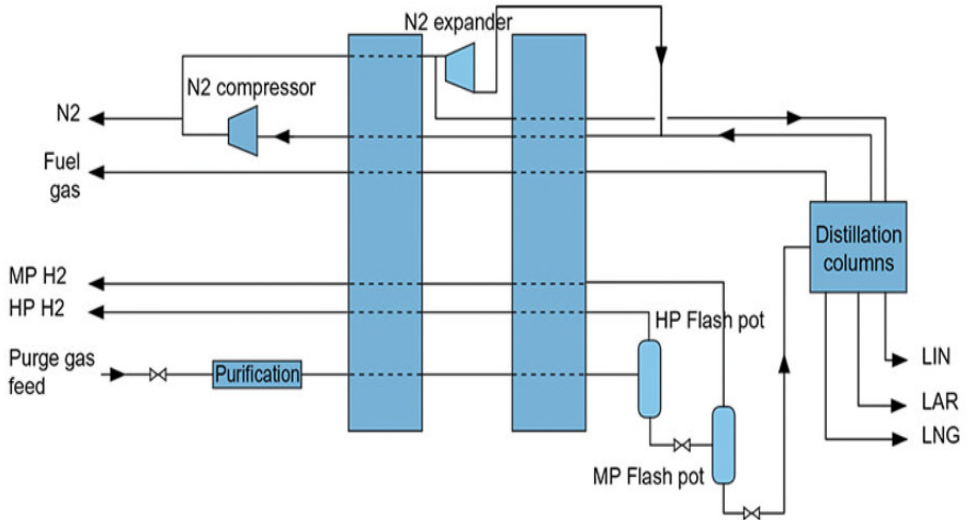
- La société HELIOS (Société détenue à 51% par SONATRACH et à 49% par APCI) qui est situé à Arzew
- HELISON (Société détenue à 49% par SONATRACH et à 51% par LINDE) qui est situé à SKIKDA.

La récupération d'azote avec d'autres produits tels que l'hydrogène, d'argon et de méthane ce fait à partir du gaz de purge utilisé par les unités de production d'ammoniac ou à partir du gaz de charge en provenance du complexe de liquéfaction du gaz (GNL). Le procédé consiste à extraire l'eau du gaz de purge avant que celui-ci ne pénètre dans la boîte froide. L'Azote est utilisé principalement dans le secteur des Hydrocarbures.

Grâce à un échangeur à deux étapes, le gaz est ensuite refroidi et partiellement condensé. Lorsque la condensation débute, le gaz est envoyé vers des pots de séparation et dans les colonnes de distillation où est achevée la séparation de l'azote, de l'argon et du méthane.

Cette solution comporte un compresseur de cycle d'azote et une turbine à azote qui garantissent le refroidissement nécessaire à la distillation. Voir Figure V.1 relative au Processus de récupération et de conditionnement de l'Azote

Figure V.1 : Processus de récupération et de conditionnement de l'Azote



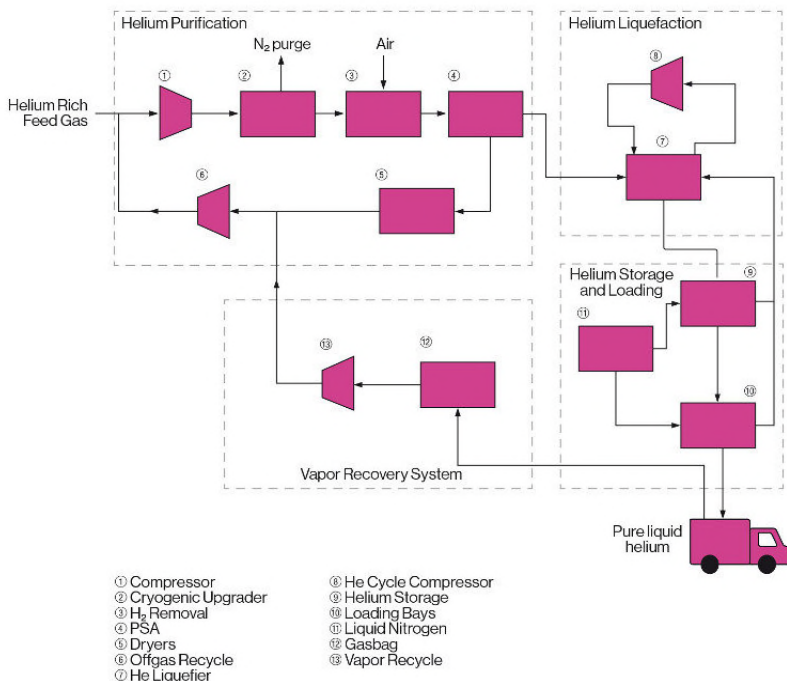
Source : COGIZ-SPA

2/ Hélium (He) : COGIZ commercialise 10 millions de cft (pi3) soit 283.000 m³, part qui revient à SONATRACH qui est récupéré de la société de production Mixte HELIOS (Arzew), cette part est répartie en moyenne à 20% conditionnée et 80% en vrac (destinée à l'exportation).

L'hélium est un produit de grande valeur, grâce une technologie éprouvée et à des procédés qui ont fait leurs preuves au fil du temps, l'hélium qui est présent dans le gaz naturel est récupéré et liquéfié.

L'hélium provenant des unités de gaz naturel liquéfié (GNL) ou des unités de rejet d'azote. Le processus initial, en trois étapes, implique une unité cryogénique de condensation partielle pour la purification, un système d'extraction d'hydrogène et une unité d'adsorption modulée en pression. Durant ce processus, l'hélium gazeux pur est séparé des autres composants tels qu'azote, méthane, hydrogène, argon, oxygène, eau et CO₂. Atteignant une pureté de plus de 99,9999 %, l'hélium est ensuite liquéfié pour stockage à des températures avoisinant -270°C. En vue de le refroidir et de le liquéfier, un cycle d'hélium est utilisé en parallèle de turbines cryogéniques équipées d'un échangeur de chaleur cryogénique optimisé. Voir Figure V.1.2 relative au Processus de récupération et de conditionnement de l'Hélium

Figure V.2 : Processus de récupération et de conditionnement de l'Hélium



Source : COGIZ-SPA

L'hélium est une ressource rare utilisée dans de nombreuses applications, dont notamment l'imagerie par résonance magnétique (IRM), les scanners à résonance magnétique nucléaire, la fibre optique, la fabrication de semi-conducteurs, l'industrie spatiale ou encore la plongée en profondeur.

Les produits de COGIZ SPA sous leurs différentes formes sont comme suit :

- Azote gazeux distribué par les canalisations « Azoduc » ;
- Azote liquide transporté et livré par le biais de citerne cryogénique ;
- Hélium gazeux conditionné dans des bouteilles cylindriques de 09 m3 sous une pression de 200 bars ;
- Hélium liquide conditionné et livré par le biais de récipients cryogéniques « DEWARS » de différentes capacités ;

- Hélium liquide Vrac, destiné exclusivement à l'exportation, livré dans des citernes cryogéniques qui appartiennent aux clients.

Les perspectives de développement de la société portent principalement sur :

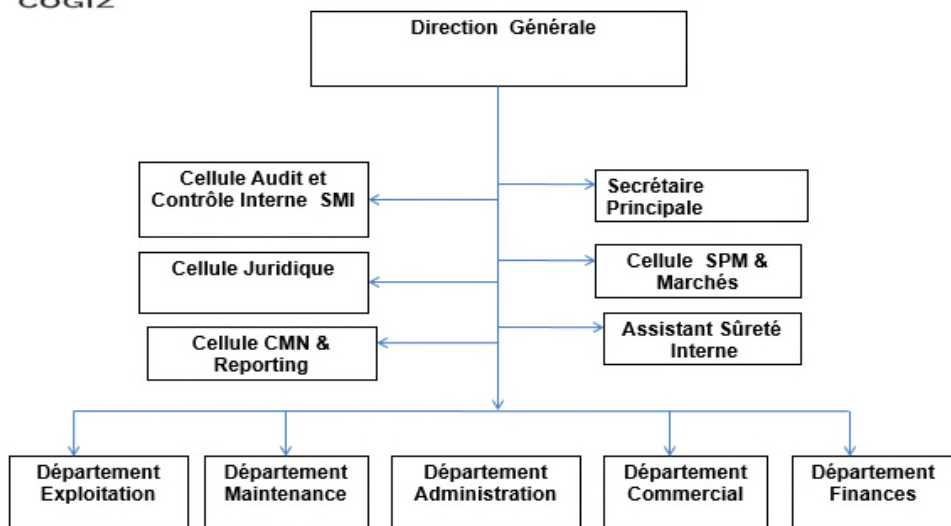
- L'adaptation permanente de l'organisation de la société, compte tenu des mutations de l'environnement externe tant national qu'international ;
- La mise en œuvre d'un programme de développement des ressources humaines et ce, par une valorisation et une préservation des compétences actuelles, ainsi que la préparation d'une relève de haut niveau des activités de la société ;
- La mise en œuvre de programmes de formation efficaces et adaptés aux besoins spécifiques de la société ;
- Maintenir et promouvoir le principe de rapport Qualité/Prix de ses différents produits ;
- La mise en place d'une stratégie de marketing et de communication ;
- L'intensification des actions visant la maîtrise des coûts et l'amélioration de la qualité des produits et des services ;
- La réalisation du programme d'investissement qui vise la rénovation et la modernisation des infrastructures permettant l'extension du réseau de distribution et de transport afin de satisfaire les besoins en Azote et Hélium des unités du Groupe Sonatrach en particulier et de tous ses clients en général.

V-2 LA DISTRIBUTION AU SEIN DE COGIZ-SPA :

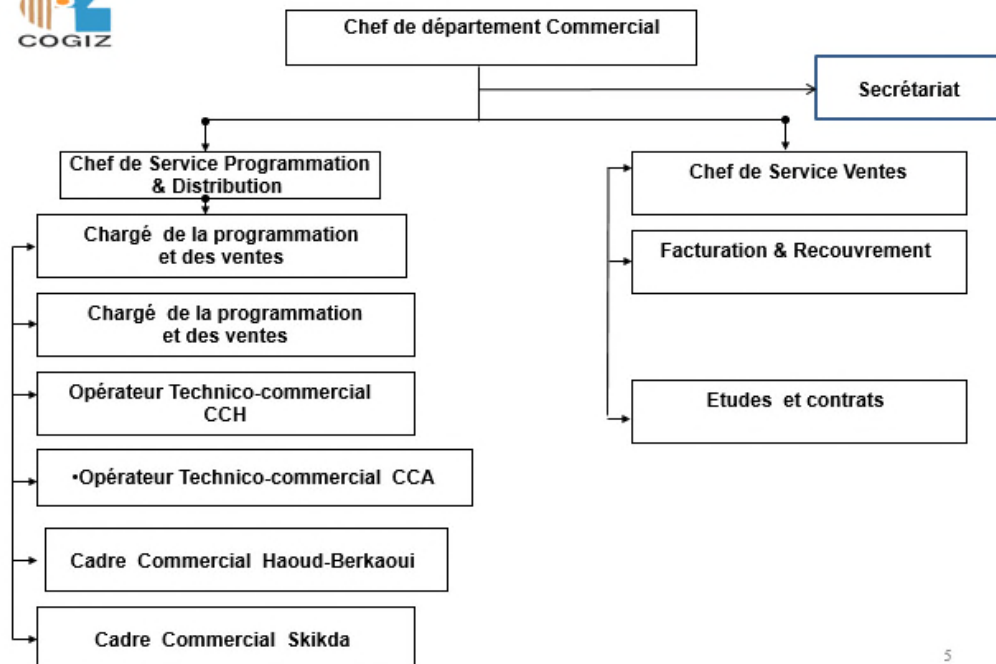
Afin de mettre en exécution son activité de distribution, la société COGIZ-SPA, chaque mois d'octobre de l'année en cours prépare un plan de production de l'année qui suit ; il est basé sur la production des neuf premiers mois de l'année en cours et les prévisions de l'année suivante, majorée d'un pourcentage de croissance fixé par la direction en fonction de l'environnement, des clients, des projets, ...

Pour la mise en action de son activité, COGIZ SPA dispose des moyens humains et compte 73 agents à son effectif et qui sont organisé comme suit :

ORGANIGRAMME DE LA SOCIETE



ORGANIGRAMME DU DPT COMMERCIAL



La fonction principale de département commercial est de :

- Exécuter et appliquer la politique commerciale adoptée par la Direction.
- Analyser les tendances du marché local.
- Veiller à la stricte application des procédés de vente, les contrats clientèles, les réclamations et la politique de crédit.
- Elaborer et interpréter les statistiques analysant les ventes par segment d'activité.
- Elaborer les rapports d'activités périodiques par nature de produit : chiffre d'affaire – marge brute – les charges avec les salaires – les amortissements et diverses variables.

Pour les moyens matériels, actuellement COGIZ dispose d'un centre de conditionnement d'hélium au niveau de la plate-forme d'Arzew, premier du genre dans le Maghreb, ce dernier a démarré en juin 2001. Le patrimoine de COGIZ-SPA est comme suit :

- Un centre de conditionnement et de stockage d'azote liquide (CCA) à Arzew avec une capacité de stockage de 10 x 150 000 litres ;
- Un centre de conditionnement d'Hélium (CCH) à Arzew avec bacs de stockage d'une capacité de 02 x 150 000 litres ;
- Un centre de conditionnement et de stockage d'azote liquide (CCA) à Haoud-Berkaoui avec une capacité de stockage de 4 x 150 000 litres ;
- Azoduc de 14 Km de longueur pour le transport de l'Azote gazeux.
- Une antenne avec un parc pour citerne d'azote liquide au niveau de Skikda et un bac de stockage de 1000 m³;
- 19 Citernes cryogénique pour le transport de l'Azote liquide d'une capacité de 22 000 à 26 000 litres chacune ;
- Une citerne cryogénique pour le stockage de l'hélium liquide d'une capacité de 9 000 Litre;
- DEWARs pour le transport de l'hélium liquide (2 x 120 L, 2 x 250 L, 12 x 500 L)
- Un parc de 5000 bouteilles pour l'hélium gazeux



Source : COGIZ-SPA, DEWARS pour le transport de l'hélium liquide



Source : COGIZ-SPA, les bouteilles pour le transport de l'hélium gazeux (9 m3)



Source : COGIZ-SPA, Bacs de stockage d'Azote liquide



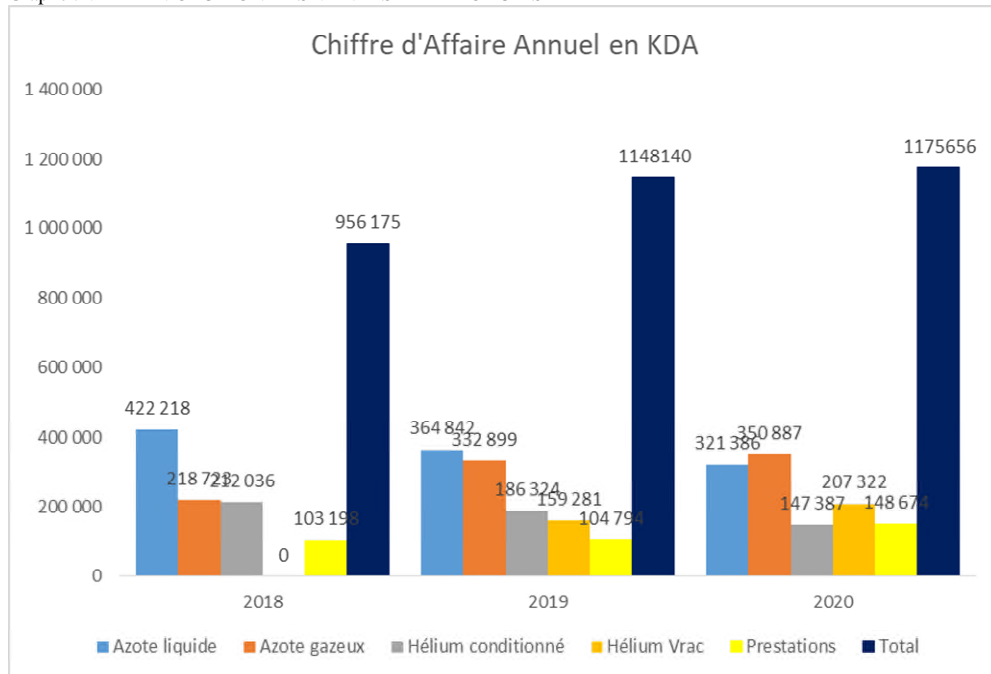
Source : COGIZ-SPA, Citerne pour le transport de l'Azote liquide

Le système d'information utilisé par le département commercial : Win. F Plus Pro Gestion commerciale.

L'évolution du chiffre d'affaires de la société COGIZ-SPA pour les trois dernières années (2018, 2019 et 2020) est présentée dans le tableau suivant :

DESIGNATION	2018	2019	2020
Azote liquide	422 218	364 842	321 386
Azote gazeux	218 723	332 899	350 887
Hélium conditionné	212 036	186 324	147 387
Hélium Vrac	0	159 281	207 322
Prestations	103 198	104 794	148 674
Total	956 175	1 148 140	1 175 656

Grphe : V - 1 - EVOLUTION DES VENTES PAR PRODUITS



Source : COGIZ-SPA

Principaux Clients par secteur :

- Azote Gazeux : Secteur Pétrolier et Parapétrolier à savoir le Groupe SONATARCH (LQS) ;
- Azote liquide : Secteur Pétrolier et Parapétrolier à savoir Groupe SONATARCH (LQS, Amont, Raffinerie, Pétrochimie), SORFERT, FERTIAL, BJSP, AOA ;
- Hélium Gazeux National : Secteur Pétrolier et Parapétrolier, Secteur de la Météo (civil et militaire), autres industries ;
- Hélium liquide : Secteur de la Santé à savoir Hôpitaux et cabinets médicaux à imagerie magnétique, Secteur de la Recherche scientifique à savoir les universités ;
- Hélium Gazeux Exportation : Air liquide Tunisie ;
- Hélium Liquide Vrac : France et Russie.

Répartition des ventes National par produit :

Le tableau V-2 ci-dessous reprend les ventes nationales pour les deux produits (Azote & Hélium) par secteur d'activité

Produit	Secteur	Année		
		2018	2019	2020
Azote	Pétrolier	85%	90%	92%
	Parapétrolier (Sud)	11%	5%	06%
	Autres	4%	5%	02%
Hélium National	Pétrolier et Parapétrolier	07%	20%	59%
	Météo	03%	09%	18%
	Santé	72%	61%	04%
	Recherche Scientifique	01%	03%	03%
	Autres Industries	17%	07%	16%

Répartition des ventes d'Hélium

Le tableau V-3 ci-dessous reprend les ventes de l'hélium au niveau national et international

	2018	2019	2020
Hélium Vrac	0%	71%	82%
Hélium conditionné National	86%	05%	16%
Hélium Conditionné Exportation	14%	24%	02%

Les prix appliqués sont en fonction des quantités demandées et du type de client (Public, Privé, revendeur, régulier, exceptionnel, recherche, ...etc)

Pour des raisons de confidentialité les prix qui sont porté ici sont à titre indicatif seulement et qui seront utilisé plus tard dans notre modèle, voici une plage de prix pour chaque produit :

- Azote gazeux : 20 à 35 DA/m³ ;
- Azote liquide : 20 à 30 DA/Litre (sans transport) ;
- Hélium gazeux (toutes qualités confondues) : 4 500 à 6 500 DA/m³ ;
- Hélium Liquide : 3 000 à 3 500 DA/Litre ;

V-3 APPLICATION DES MODELES

Pour établir notre portrait, des visites sur le terrain ont été effectuées auprès de COGIZ-SPA. Notre enquête a commencé par des rencontres avec des responsables du département commercial et de la comptabilité analytique. Nous avons ensuite utilisé notre méthodologie et les bases de données de COGIZ-SPA pour déterminer le coût de transport par m³, les coûts de maintien en stock et les coûts des commandes que nous avons complétés par l'information tirée des entrevues, pour essayer d'appliquer les modèles de gestion que nous avons présentés dans la partie théorique.

Parmi les différents produits de la Société COGIZ-SPA, notre choix s'est porté sur l'Azote Liquide pour l'application du modèle de transport et pour l'Hélium Liquide pour l'application du modèle de la gestion des stocks.

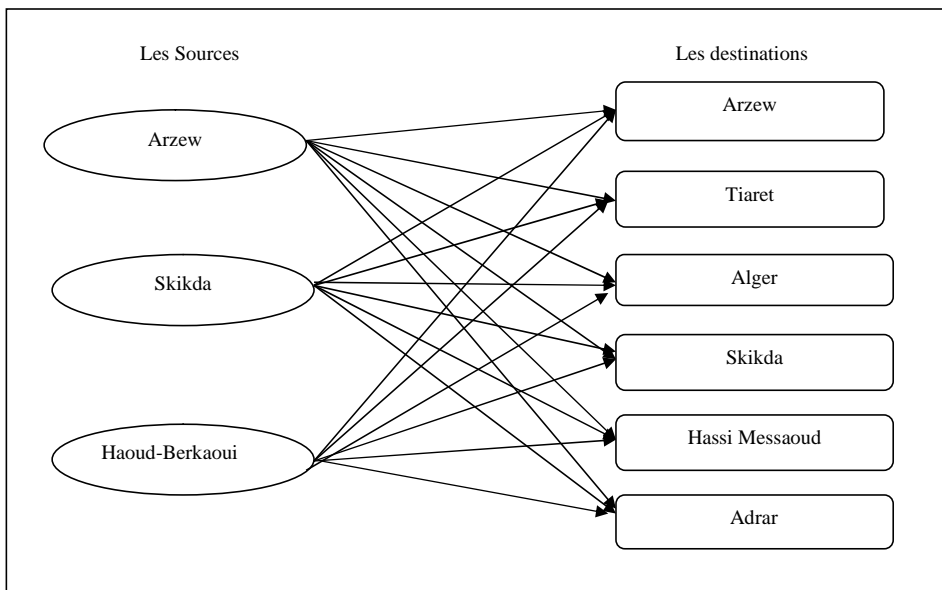
V-3-1 APPLICATION DU MODELE DE TRANSPORT :

Notre choix pour l'application du modèle de transport que nous avons vu dans le chapitre deux c'est porter sur l'Azote liquide car la société COGIZ-SPA dispose de trois infrastructures de conditionnement et de distribution de l'Azote liquide qui seront considérées comme les sources à partir desquelles l'Azote liquide sera livré vers les différents clients, à savoir :

- Un centre de conditionnement et de stockage d'azote liquide (CCA) à Arzew ;
- Un centre de conditionnement et de stockage d'azote liquide (CCA) à Haoud-Berkaoui ;
- Une antenne avec un parc pour citerne d'azote liquide au niveau de Skikda ;

Les trois centres de conditionnement desservent les différents clients qui sont regroupés près des différentes raffineries sur le territoire national à savoir : Arzew, Alger, Skikda, Hassi-Messaoud, Adrar et Tiaret. Voir la figure V-3 ci-dessous.

Vue le nombre important des clients dans chaque zone industrielle des différentes raffineries, et vue que le coût du transport est le même pour chaque zone, nous avons regroupé les clients pour chaque destination afin de simplifier l'application du modèle.



Afin d'appliquer le modèle de transport on a pris pour exemple les ventes de l'Azote liquide en quantités pour le mois de mars 2022 qui sont représentées dans le tableau V-4 suivant ; l'objectif est de déterminer les quantités livrées entre les sources (centres de conditionnement) et les clients (les zones).

La Zone (Destinations)	Quantités (en m3)	Sources
Arzew	3120	Arzew
Alger	1560	Arzew
	780	Skikda
Skikda	2340	Skikda
Tiaret	660	Arzew
Hassi Messaoud	1000	Haoud-Berkaoui
	500	Arzew
	60	Skikda
Adrar	660	Haoud-Berkaoui
Quantité Total du mois	10 680	

De ce tableau, on peut connaître les quantités livrées par les trois centres, qui représentent les sources :

- La quantité livrée et disponible dans le Centre d'Arzew est de 5840 m³
- La quantité livrée et disponible dans le centre de Skikda est de 3180 m³
- La quantité livrée et disponible dans le centre de Haoud-Berkaoui est de 1660 m³

De là on peut déduire les caractéristiques du problème comme suit :

- Chaque source dispose d'une quantité précise d'unités à expédier.
- Chaque destination doit recevoir un nombre précis d'unités.
- Chaque unité devant être expédiée d'une source vers une destination à son propre coût de transport.
- L'objectif est de réduire au minimum les coûts de transport.

Les variables de décisions sont : le nombre d'unités à expédier de chaque source vers chaque destination pendant la période.

Le tableau V-5 suivant représente les tarifs pour le transport de l'Azote liquide pour chaque zone, ainsi que les tarifs de transport pour le m³ :

Destination	Coût du Transport	Coût du Transport Unitaire
Alger / Arzew	60 000	2 308
Alger / Haoud-Berkaoui	120 000	4 615
Alger / Skikda	70 000	2 692
Tiaret / Arzew	40 000	1 538
Tiaret / Haoud-Berkaoui	80 000	3 077
Tiaret / Skikda	80 000	3 077
Adrar / Arzew	160 000	6 154
Adrar / Haoud-Berkaoui	130 000	5 000
Adrar / Skikda	180 000	6 923
Hassi Messaoud / Arzew	140 000	5 385
Hassi Messaoud / Skikda	125 000	4 808
Hassi Messaoud / Haoud-Berkaoui	40 000	1 538
Arzew / Skikda	125 000	4 808
Haoud-Berkaoui / Skikda	120 000	4 615
Haoud-Berkaoui / Arzew	125 000	4 808
Arzew / Arzew	22 000	846
Skikda / Skikda	22 000	846

Si, on veut utiliser la programmation linéaire pour trouver la solution optimale, nous pouvons considérer la fonction économique et les fonctions de contrainte comme suit :

$$\text{Minimum } Z = 846 X_1 + 4808 X_2 + 4808 X_3 + 1538 X_4 + 3077 X_5 + 3077 X_6 + 2308 X_7 + 2692 X_8 + 4615 X_9 + 4808 X_{10} + 846 X_{11} + 4615 X_{12} + 5385 X_{13} + 846 X_{14} + 4615 X_{15} + 6154 X_{16} + 6923 X_{17} + 5000 X_{18}$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = 3120 \text{ (demande de la zone d'Arzew)}$$

$$X_4 + X_5 + X_6 = 660 \text{ (demande de la zone de Tiaret)}$$

$$X_7 + X_8 + X_9 = 2340 \text{ (demande de la zone de Alger)}$$

$$X_{10} + X_{11} + X_{12} = 2340 \text{ (demande de la zone de Skikda)}$$

$$X_{13} + X_{14} + X_{15} = 1560 \text{ (demande de la zone de Hassi Messaoud)}$$

$$X_{16} + X_{17} + X_{18} = 660 \text{ (demande de la zone d'Adrar)}$$

$$X_1 + X_4 + X_7 + X_{10} + X_{13} + X_{16} = 5840 \text{ (capacité du centre d'Arzew)}$$

$$X_2 + X_5 + X_8 + X_{11} + X_{14} + X_{17} = 3180 \text{ (capacité du centre de Skikda)}$$

$$X_3 + X_6 + X_9 + X_{12} + X_{15} + X_{18} = 1660 \text{ (capacité du centre de Haoud-Berkaoui)}$$

Des tableaux précédents on peut déduire le coût de transport pour chaque unité devant être expédiée d'une source vers une destination et construire la matrice des coûts qui sera comme suit :

Source Destination	Arzew	Skikda	Haoud-Berkaoui	Besoins
Arzew	846	4808	4808	3120
Tiaret	1538	3077	3077	660
Alger	2308	2692	4615	2340
Skikda	4808	846	4615	2340
Hassi Messaoud	5385	4808	1538	1560
Adrar	6154	6923	5000	660
Disponibilité	5840	3180	1660	10680

Actuellement on peut calculer le coût de transport on se basant sur le plan de distribution déjà adopté par la société afin de le comparer par la suite au résultat qui sera trouvé après l'application de notre modèle.

Source Destination	Arzew	Skikda	Haoud-Berkaoui	Besoins
Arzew	846 3120	4808	4808	3120
Tiaret	1538 660	3077	3077	660
Alger	2308 1560	2692 780	4615	2340
Skikda	4808	846 2340	4615	2340
Hassi Messaoud	5385 500	4808 60	1538 1000	1560
Adrar	6154	6923	5000 660	660
Disponibilité	5840	3180	1660	10680

Le coût de transport supporté par la société est comme suit :

Source	Destination	Nombre d'unités à expédier par mois	Coût de transport
Arzew	Arzew	3120	3120 x 846 = 2 639 520
Arzew	Tiaret	660	660 x 1538 = 1 015 080
Arzew	Alger	1560	1560 x 2308 = 3 600 480
Arzew	Hassi Messaoud	500	500 x 5385 = 2 692 500
Skikda	Alger	780	780 x 2692 = 2 099 760
Skikda	Skikda	2340	2340 x 846 = 1 979 640
Skikda	Hassi Messaoud	60	60 x 4808 = 288 480
Haoud-Berkaoui	Hassi Messaoud	1000	1000 x 1538 = 1 538 000
Haoud-Berkaoui	Adrar	660	660 x 5000 = 3 300 000
	Totaux	10680	19 153 460

Donc la société a supporté un coût total de transport de 19 153 460 DA

À présent, on peut procéder à résoudre ce problème de transport et trouver la solution optimale c'est à dire réduire au minimum les coûts de transport, mais en premier nous allons chercher la solution de base en appliquant la méthode du coût minimum (HOUTHAKKER) qui se présente comme suit :

Source Destination	Arzew	Skikda	Haoud-Berkaoui	Besoins
Arzew	846 3120	4808	4808	3120
Tiaret	1538 660	3077	3077	660
Alger	2308 2060	2692 280	4615	2340
Skikda	4808	846 2340	4615	2340
Hassi Messaoud	5385	4808	1538 1560	1560
Adrar	6154	6923 560	5000 100	660
Disponibilité	5840	3180	1660	10680

Le coût de transport de la solution initiale sera comme suit :

Source	Destination	Nombre d'unités à expédier par mois	Coût de transport
Arzew	Arzew	3120	$3120 \times 846 = 2\,639\,520$
Arzew	Tiaret	660	$660 \times 1538 = 1\,015\,080$
Arzew	Alger	2060	$2060 \times 2308 = 4\,754\,480$
Skikda	Alger	280	$280 \times 2692 = 753\,760$
Skikda	Skikda	2340	$2340 \times 846 = 1\,979\,640$
Skikda	Adrar	560	$560 \times 6923 = 3\,876\,880$
Haoud-Berkaoui	Hassi Messaoud	1560	$1560 \times 1538 = 2\,399\,280$
Haoud-Berkaoui	Adrar	100	$100 \times 5000 = 500\,000$
	Totaux	10680	17 918 640

A cette étape nous constatons que nous avons réduit le coût total de transport de 19 153 460 DA à 17 918 640 DA soit une économie de 1 234 820 DA.

À présent nous allons utiliser la technique du pivot de répartition pour évaluer notre solution de base si c'est une solution optimale ou non.

Pour rappel, pour chercher la solution optimale, on évalue systématiquement chacune des cellules vides que contient la matrice des coûts. En cherche ainsi à établir s'il y a possibilité de diminuer les coûts de transport totaux en utilisant certaines de ces cellules présentement vides.

Source \ Destination	Arzew	Skikda	Haoud-Berkaoui	Besoins
Arzew	846 3120	4808 (+3578)	4808	3120
Tiaret	1538 660	3077 (+1155)	3077	660
Alger	2308 2060 (-)	2692 280 (+)	4615	2340
Skikda	4808 (+4346)	846 2340	4615 (+5692)	2340
Hassi Messaoud	5385	4808 (+1347)	1538 1560	1560
Adrar	(+) 6154 -385	(-) 6923 560	5000 100	660
Disponibilité	5840	3180	1660	10680

L'évaluation des cellules vides de la matrice des coûts est terminée. On constate que cette solution n'est pas optimale, car le circuit (d'Arzew vers Adrar) est négatif. On peut réduire les frais de transport en remplaçant un certain nombre d'unités dans cette cellule vide.

On obtient une solution améliorée en déplaçant le plus d'unités possibles vers la cellule vide, et le nombre maximal d'unités qui peut être déplacé est de 560 m3 [le plus petit nombre d'unités contenu dans une cellule négative du circuit (Skikda vers Adrar)].

Il reste à déduire 560 m3 de toutes les cellules négatives et à l'ajouter aux cellules positives du circuit. Toutes les cellules ne faisant pas partie du circuit demeurent intactes.

Source \ Destination	Arzew	Skikda	Haoud-Berkaoui	Besoins
Arzew	846 3120	4808	4808	3120
Tiaret	1538 660	3077	3077	660
Alger	2308 2060 - 560 = 1500 (-)	2692 280 + 560 = 840 (+)	4615	2340
Skikda	4808	846 2340	4615	2340
Hassi Messaoud	5385	4808	1560 1538	1560
Adrar	(+) 6154 0 + 560 = 560	(-) 6923 560 - 560 = 0	5000 100	660
Disponibilité	5840	3180	1660	10680

Le coût de transport à présent sera comme suit :

Source	Destination	Nombre d'unités à expédier par mois	Coût de transport
Arzew	Arzew	3120	3120 x 846 = 2 639 520
Arzew	Tiaret	660	660 x 1538 = 1 015 080
Arzew	Alger	1500	1500 x 2308 = 3 462 000
Arzew	Adrar	560	560 x 6154 = 3 446 240
Skikda	Alger	840	840 x 2692 = 2 261 280
Skikda	Skikda	2340	2340 x 846 = 1 979 640
Skikda	Adrar	0	0 x 6923 = 00
Haoud-Berkaoui	Hassi Messaoud	1560	1560 x 1538 = 2 399 280
Haoud-Berkaoui	Adrar	100	100 x 5000 = 500 000
	Totaux	10680	17 703 040

A cette étape nous constatons que nous avons encore réduit le coût total de transport de 19 153 460 DA à 17 703 040 DA au lieu de 17 918 640 DA (la solution de base) soit une économie de l'ordre de 7.5% avec un total de 1 450 420 DA par rapport au plan de distribution de la société.

De la même façon nous allons vérifier si cette dernière solution est une solution optimale en utilisant la technique du pivot de répartition.

Source \ Destination	Arzew	Skikda	Haoud-Berkaoui	Besoins
Arzew	846 3120	4808 (+3578)	4808	3120
Tiaret	1538 660	3077 (+1155)	3077	660
Alger	2308 1500	2692 840	4615	2340
Skikda	4808 (+4346)	846 2340	4615	2340
Hassi Messaoud	5385 (+2693)	4808	1538 1560	1560
Adrar	6154 560	6923	5000 100	660
Disponibilité	5840	3180	1660	10680

Tous les coûts des circuits sont positifs ou égaux à zéro ; la solution de cette dernière matrice est donc optimale avec un coût de transport total de 17 703 040 DA.

V-3-2 APPLICATION DU MODELE DE LA GESTION DES STOCKS :

Notre choix pour l'application du modèle de la gestion des stocks que nous avons vu dans le chapitre trois c'est porter sur l'Hélium liquide.

Pour le stockage la société COGIZ-SPA est doté d'un centre de conditionnement d'Hélium (CCH) à Arzew avec une citerne cryogénique pour le stockage de l'hélium liquide d'une capacité de 9 000 Litre ;



Il est à préciser que le mécanisme de réapprovisionnement se fait uniquement après épuisement de la quantité total de la citerne, c'est-à-dire que la société COGIZ-SPA ne détient pas de stock de sécurité.

Quel que soit le domaine d'application, les problèmes de gestion de stocks impliquent les deux principales questions suivantes :

Quand doit-on approvisionner ? Et pour quelle quantité ?

Les seules variables d'action (où on peut agir) sont bien la quantité à commander et le nombre de fois de commande

Nous allons voir comment nous pouvons répondre à ces deux questions dans la gestion des stocks de l'Hélium Liquide et cela en application du modèle de Wilson.

L'objectif est de déterminer :

La quantité à commander « Q » pour que le coût total de la gestion du stock soit au minimum.

Et

C_T de Stock = Coût annuel de Maintien (Possession) en stock + Coût annuel de commande

Le Coût Total de Stock (en fonction de la quantité) = Le coût de possession (en fonction de la quantité) + Le coût de passation ou de lancement (en fonction de la quantité)

$$C_T(Q) = C_s(Q) + C_L(Q) \quad \text{et} \quad C_T(Q) \text{ est minimal pour } C_s(Q) = C_L(Q)$$

Ou bien :

Le Coût Total de Stock (en fonction du nombre de commande) = Le coût de possession (en fonction du nombre de commande) + Le coût de passation ou de lancement (en fonction du nombre de commande).

$$C_T(N) = C_s(N) + C_L(N) \quad \text{et} \quad C_T(N) \text{ est minimal pour } C_s(N) = C_L(N)$$

L'approvisionnement se fait grâce au contrat qui est signé avec HELIOS avec une quantité de 10 millions de cft (pi3) soit 283.000 m3 par an, cette part est répartie en moyenne à 30% équivalent à 84 900 m3 qui sera conditionnée et 70% équivalent à 198 100 m3 en vrac qui est destinée à l'exportation.

A noter aussi que la quantité de l'Hélium qui sera conditionné est divisée en deux 50% sous forme liquide et 50% sous forme gazeux. Ce qui nous permet d'estimer la quantité annuelle de l'Hélium liquide qui peut être récupéré par COGIZ-SPA à ($D = 84.900 / 2 = 42 450$ m3 par an).

Mais vu que la capacité de stockage n'est que de 9 m3 donc nous avons considéré que la demande sera en fonction de la capacité annuelle de stockage

qui est de 3285 m³ et qui est aussi divisé sur 2 car seulement 50% de cette quantité est conditionné en Hélium Liquide qui ramène la Demande annuelle D à 1642,50 m³ par an.

Le prix unitaire d'achat de l'Hélium Liquide est de $p = 2.000 \text{ DA/m}^3$

t : Taux de possession ou de maintien en stock d'une unité pendant un an

Le coût de détention ou de maintien en stock, est l'ensemble des frais pour conserver un produit en stock, tels que le coût de l'entrepôt, personnel, éclairage, chauffage, etc.

Le coût de maintien en stock est estimé à 1 800 000 DA
Donc pour une unité $\gg 1\,800\,000 / 9000 = 200 \text{ DA/m}^3$

Et nous avons le prix de l'Hélium pour 1 m³ = 2000 DA

Donc le taux de possession $t = 200/2000 = 0.10$

N : Le nombre de fois de commande = D/Q et $Q = D/N$

C : Coût de passation d'une commande, Coût moyen d'une commande, ce coût a été estimé à 200 DA

Θ : La durée de gestion de stock qui est de 365 jours ici dans notre cas

T : Période d'approvisionnement = Θ / N

En fonction de la quantité :

$$C_S(Q) = (Q/2) \times p \times t \quad / \quad C_L(Q) = (C \times D)/Q$$

$$C_T(Q) = C_S(Q) + C_L(Q) = (Q/2) \times p \times t + (C \times D)/Q$$

En fonction du nombre de fois de commande :

$$C_S(N) = (D/N^2) \times p \times t \quad / \quad C_L(N) = C \times N$$

$$C_T(N) = C_S(N) + C_L(N) = (D/N^2) \times p \times t + C \times N$$

Si on reprend la formule du coût total en fonction de la quantité

$$C_T(Q) = C_S(Q) + C_L(Q) = (Q/2) \times p \times t + (C \times D)/Q$$

Pour que le coût total de stockage soit optimal il faut que $(Q/2) \times p \times t = (C \times D)/Q$ et donc

$$Q (\text{économique}) = \sqrt{\frac{(2 \times D \times C)}{p \times t}}$$

$$Q (\text{économique}) = \sqrt{\frac{(2 \times 1642 \times 50)}{2000 \times 0,10}} = 57,41 \text{ m3}$$

Donc la quantité économique pour que le coût total des stocks soit optimal devrait être de l'ordre de 57,41 m3 et N (le nombre de fois de commande par an) = 28,65 ce qui veut dire qu'il faut passer une commande tous les 12,7 jours.

Le tableau V-6 suivant présente les simulations pour déterminer le coût de passation de commande et le coût de possession en fonction des quantités. Qui confirme la quantité optimale où le coût de possession = le coût de passation.

Q	20	30	40	50	57	60	70	90	100
C _L	16 425	10 950	8 213	6 570	5 731	5 475	4 693	3 650	3 285
C _S	2 000	3 000	4 000	5 000	5 731	6 000	7 000	9 000	10 000
C _T	18 425	13 950	12 213	11 570	11 463	11 475	11 693	12 650	13 285

Ceci dit pour rappel la société COGIZ-SPA dispose juste d'une citerne avec une capacité de 9 m3 qui est utilisé comme moyen de stockage, en constate donc que les résultats obtenus ne peuvent être appliqué sur le terrain à moins que la société COGIZ-SPA augmente ses capacités de stockage pour l'Hélium Liquide afin d'optimiser sa gestion des stocks.

CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu et une présentation de la société COGIZ-SPA en générale et de ses produits, notamment l'Azote et l'Hélium où nous avons vu le processus de récupération et de conditionnement de ces deux produits.

Ensuite nous avons exposé la distribution de l'Azote et l'Hélium, des moyens humains et matériels pour mettre en exécution la stratégie de distribution qui est adopté par COGIZ-SPA.

Et enfin nous avons essayé d'appliquer deux modèles que nous avons vus dans la partie théorique notamment le modèle de transport pour optimiser les coûts où notre choix de son application c'est porté sur l'Azote Liquide et le modèle de gestion des stocks pour optimiser les coûts de stockage et optimiser la

quantité à commander où notre choix a été orienté pour son application sur l'Hélium Liquide.

Suite aux deux applications, contrairement aux résultats que nous avons obtenu pour le modèle de gestion des stocks, nous sommes sortie avec de très bon résultat où nous avons réussi à optimiser les coûts de transport et où nous avons réalisé des économies très satisfaisantes et ce qui nous permet de répondre à notre problématique et dire qu'effectivement les modèles de gestion de la distribution des produits pétroliers dans le cas de la société COGIZ-SPA (Azote & Hélium) peuvent faire objet d'optimisation des coûts.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Quels que soient les époques, les secteurs, leurs tailles, leurs objectifs, les entreprises sont confrontées à l'impérieuse nécessité de vendre. Parfois, on disserte volontiers sur la prééminence qu'il convient d'accorder dans l'entreprise à telle ou telle fonction. Il est vrai que, selon les cas, la finance, la production, les ressources humaines, le marketing peuvent prendre le pas sur les autres et s'ériger en pivot de toute la vie d'une organisation. Il reste que la partie commerciale, c'est-à-dire la formulation des voies et moyens pour mettre sur le marché des produits ou des services demeure la condition essentielle de la réussite, même si cette condition n'est généralement pas suffisante.

Les décisions relatives à la distribution revêtent, pour l'entreprise, une importance toute particulière en raison de leur inertie : on ne modifie pas un circuit de distribution aussi aisément qu'une campagne de publicité ou qu'un tarif.

Considéré comme un rouage entre la production et la consommation, l'appareil commercial figure comme un mécanisme de transmission physique et d'information des biens et des services.

La distribution physique est un processus extrêmement complexe qui peut être manié efficacement par l'utilisation de méthodes et de techniques modernes, sans lesquelles la circulation physique des marchandises ne connaîtrait pas de réel développement. C'est pour cela que l'on a tenté à travers ce mémoire d'insister sur l'importance du rôle de la recherche opérationnelle dans l'optimisation de la distribution physique, dont nous avons tenté d'introduire quelques exemples d'utilisation de la recherche opérationnelle tel que la théorie des graphes, notamment dans le domaine du transport.

En effet, dans tout problème d'organisation, on est souvent amené à choisir parmi un nombre important de solutions, la meilleure. Cela implique que l'application des techniques de la recherche opérationnelle est alors nécessaire.

Cependant, les erreurs des prévisions, les pannes, les retards dans l'approvisionnement par exemple, constituent autant d'aléas qui font que la réalité s'écarte toujours des programmes les mieux établis. Il est alors nécessaire de souligner la nécessité des calculs de la probabilité d'apparition de ces conséquences néfastes.

Il convient de dire aussi que la valeur des résultats obtenus par la recherche opérationnelle dépend surtout de la finesse de l'analyse effectuée et de la qualité des informations rassemblées.

L'objectif central de notre travail consistait à déterminer si les modèles de gestion de la distribution des produits pétroliers peuvent faire objet d'optimisation des coûts et de tenter de l'appliquer sur le cas de la société COGIZ-SPA.

Dans notre mémoire nous nous sommes intéressés aux modèles de gestion de la distribution des produits pétroliers en faisant appel à une méthodologie descriptive et analytique. Notre travail a été en deux parties : une partie théorique qui a pour intitulé approche théorique des modèles de gestion de la distribution et une deuxième partie empirique.

La première partie théorique de notre travail est composé de trois chapitres, à savoir :

Le premier chapitre « Généralités sur la Distribution » où nous avons présenté le rôle économique de la distribution, les réseaux de distribution, les fonctions de la distribution, les flux qui peuvent subsister dans un système de distribution et une analyse des coûts de la distribution.

Le chapitre deux « Modèles de gestion de Transport » présente quelques modèles de gestion concernant le Transport. En premier, nous avons exposé un aperçu de la relation entre les problèmes de transport et la programmation linéaire, les caractéristiques des problèmes de transport et ses modalités d'application. Par la suite, nous avons présenté la théorie des graphes et ses applications.

Le troisième chapitre « Modèles de gestion des stocks » est consacré à la description de quelques modèles de gestion des stocks en matière d'approvisionnement et de passation de commande. Nous avons présenté également dans ce chapitre le processus de définition de la quantité optimale à commander et le moment de passer une commande ainsi que les coûts de stockage.

La deuxième partie empirique de notre travail est répartie entre deux chapitres :

Le chapitre quatre « La Distribution des produits pétroliers » où nous avons présenté l'origine du pétrole et sa formation, l'état des réserves du pétrole brut dans le monde, les méthodes d'exploration, exploitation et extraction du pétrole

brut. Et après, nous avons présenté les moyens mises en œuvre pour le transport du pétrole jusqu'aux raffineries, puis les étapes de raffinage simple, et finalement nous avons donné un aperçu sur les modes de distribution des produits pétroliers finis.

Nous avons commencé le cinquième chapitre empirique par donner un aperçu et une présentation de la société COGIZ-SPA en générale et de ses produits, notamment l'Azote et l'Hélium où nous avons identifié le processus de récupération et de conditionnement de ces deux produits.

Par la suite, nous avons exposé la distribution de l'Azote et l'Hélium, des moyens humains et matériels pour mettre en exécution la stratégie de distribution qui est adopté par COGIZ-SPA.

Et enfin, nous avons tenté d'appliquer deux modèles préalablement présentés dans la partie théorique, à savoir : le modèle de transport et le modèle de Wilson dans la gestion des stocks. Le modèle de transport a été examiné pour optimiser les coûts avec une application sur l'Azote Liquide. Le modèle de Wilson dans gestion des stocks dans le but d'optimiser les coûts de stockage à travers l'optimisation de la quantité à commander via une application sur l'Hélium Liquide.

Suite aux deux applications, les résultats que nous avons obtenu pour le modèle de gestion des stocks ne nous a pas permis d'obtenir les résultats escomptés car la quantité économique à commander ne correspondent pas aux capacités réelles de stockage de la société COGIZ-SPA. Par contre, en utilisant le modèle de transport nous avons obtenu de très bon résultat et avons réussi à optimiser les coûts de transport en réalisant des économies très satisfaisantes. Ce qui nous a permis de confirmer notre problématique et dire qu'effectivement les modèles de gestion de la distribution des produits pétroliers dans le cas de la société COGIZ-SPA (Azote & Hélium) peuvent faire objet d'optimisation des coûts.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- ALIZADEH H., « L'IMPORTANCE DU TRANSPORT », Ecole Polytechnique de Montréal, 2021
- AYERS J., "HANDBOOK OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT" 2nd Edition. BOCA RATON, FL, USA, 2006
- AZOULAY P., DASSONVILLE P., « RECHERCHE OPERATIONNELLE DE GESTION », Presses Universitaires de France, 1^{ère} édition, 1976
- BAGLIN G. et Autres, « MANAGEMENT INDUSTRIEL ET LOGISTIQUE – CONCEPTION ET PILOTAGE DE LA SUPPLY CHAIN », Editions ECONOMICA, 4e édition, 2005
- BAUMANN Michel, « LES 199 CHECK-LISTS DU MARKETING », Editions D'ORGANISATION IFAM France, Paris, 2000
- BAZARAA M. and Others, « LINEAR PROGRAMMING AND NETWORK FLOWS », WILEY Edition, 4th Edition, New Jersey (USA), 2010
- BELLUT Serge, « MAITRISER LES COUTS D'UN PROJET, LE MANAGEMENT PAR LA VALEUR », Editions AFNOR, Paris, 2002
- BENMAZOUZ Boualem, « RECHERCHE OPERATIONNELLE DE GESTION », ATLAS Editions, Algérie, 1995.
- BONDY J.A. and MURTY U.S.R., « GRAPH THEORY », Editions Springer, California - USA, 2010
- BOUTALEB K., « THEORIE DE LA DECISION », Office des Publications Universitaires, Alger, 2006
- CEDRIN Michèle et PARIS Catherine, « GESTION COMMERCIALE MERCATIQUE », Editions CHAMBERY : le Génie des Glaciers, Paris, 2003
- CHEVALIER Jean marie, « LES GRANDES BATAILLES DE L'ENERGIE », Editions Folio, Paris, 2005

- CLIQUET Gérard et autres, « MANAGEMENT DE LA DISTRIBUTION », Editions DUNOD, Paris, 2002
- COURTOIS A. et autres, « GESTION DE PRODUCTION », Editions d'Organisation, Quatrième édition, Paris, 2003
- CULIOLI Jean-Christophe, « Introduction à l'Optimisation », Editions Ellipses, 2^{ème} Edition, Paris, 2012
- DAYAN Armand, « LA DISTRIBUTION », Editions Hachette, Paris, 1973
- DEBOURG Marie Camille et autres, « PRATIQUE DU MARKETING », 2eme édition, BERTI Editions, 2004
- DRAPIER Luc, « STRATEGIES LOGISTIQUES », ECONOMICA, Paris, 2004
- DROESBEKE F., HALLIN M., LEFEVRE C., « LES GRAPHES PAR L'EXEMPLE », Editions Ellipses, Paris, 1987
- DUCROCQ, Cédric, « La Nouvelle Distribution », DUNOD, Paris, 2002
- DUROUSSET Maurice, « LE MARCHÉ DU PÉTROLE », Editions Ellipses, Paris 1999
- FARIZY Paul et VINCENT Marcel, « REFERENCEMENT ET DEREFENCEMENT EN GRANDE DISTRIBUTION », Les éditions d'Organisation, Paris, 1996
- FAURE Robert, LEMAIRE Bernard et PICOULEAU Christophe, « PRÉCIS DE RECHERCHE OPÉRATIONNELLE : Méthodes et exercices d'application » - 7e édition. DUNOD, Paris, 2014
- FILSER M., « CANAUX DE DISTRIBUTION, DESCRIPTION, ANALYSE, GESTION », Vuibert Gestion, Paris, 1989
- FOURNIER Jean Claude, « THEORIE DES GRAPHES ET APPLICATIONS », Editions LAVOISIER, Paris, 2006
- FOWLER Kim R., "IN DEVELOPING AND MANAGING EMBEDDED SYSTEMS AND PRODUCTS", Elsevier Inc, 2015

- GAEDEKE, R.M. TOOTELIAN, “MARKETING PRINCIPLES AND APPLICATIONS”, West Publishing Company, Minnesota (USA), 1983
- GAITHER Norman et autre, « L’ENTREPRISE ET LA GESTION DES OPERATIONS », les éditions HRW, Montréal, 1983
- GIRAUD A. et Boy de la Tour X., « GEOPOLITIQUE DU PETROLE ET DU GAZ », Editions TECHNIP, Paris, 1987
- HELFER J. P., « POLITIQUE COMMERCIALE », Vuibert Entreprise, Paris, 1987
- JACQUET-LAGREZE Eric, « PROGRAMMATION LINEAIRE - MODELISATION ET MISE EN ŒUVRE INFORMATIQUE » Collection : P.I.Q. Poche - Editeur : ECONOMICA, Paris, 1999
- KANTHIAH R., DEEPAK Alias & JEYAKUMAR S., “MARKETING MANAGEMENT”, Orange Books Publications, 2019
- KOTLER Philip; KELLER Kevin, LANE, “MARKETING MANAGEMENT”, 15e edition, published by Pearson Education Inc, France, 2016
- LAUBIN Jean Jacques et DE MOERLOOSE Chantal, « MARKETING STRATEGIQUE ET OPERATIONNEL », 9^e Edition, DUNOD, Paris, 2016.
- LAURENTIE J. et autre, « SUPPLY CHAIN, MANAGEMENT PROCESSUS ET METHODES LOGISTIQUE », AFNOR, Paris, 2013
- LEVY J. et autres, « MERCATOR THEORIE ET PRATIQUE DU MARKETING », 9^{ème} ÉDITION, DUNOD, Paris, 2009
- MASSERON Jean, « L’ECONOMIE DES HYDROCARBURES », 4^{ème} édition, les Editions TECHNIP, Paris, 1991
- MORCELLO Estelle, « LES STRATEGIES D’IMPLANTATIONS LOGISTIQUES DE LA DISTRIBUTION », Editions Liaisons, Paris, 1999
- MOSSERI R. et JEANDEL C., « L’ÉNERGIE À DÉCOUVERT », CNRS Éditions, Paris, 2013

- OLMI A. et JULY F., « LA REDUCTION DES COUTS DE DISTRIBUTION PAR LA RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions EYROLLES et Editions D'ORGANISATION, Paris, 1971
- PHELIZON J. F., « METHODES ET MODELES DE LA RECHERCHE OPERATIONNELLE », Editions ECONOMICA, Paris, 1998
- ROJEY A. et autre, « LE GAZ NATUREL : PRODUCTION, TRAITEMENT, TRANSPORT », Éditions TECHNIP, Paris, 1994
- SAUVY A., « PROBLEMES GENERAUX DE LA DISTRIBUTION DES PRODUITS PETROLIERS », Collection Colloques et Séminaires, IFP publication, 1969.
- SIMON Yves et JOFFRE Patrick, « ENCYCLOPEDIE DE GESTION », 2^{ème} édition, ECONOMICA, Paris, 1997
- TEGHEM Jacques, « RECHERCHE OPERATIONNELLE, METHODE D'OPTIMISATION », Editions Ellipses, Paris, 2012
- THIEL D., « RECHERCHE OPERATIONNELLE ET MANAGEMENT DES ENTREPRISES », Editions ECONOMICA, Paris, 1990
- TOUDJINE Abdelkrim, « L'ANALYSE DES COUTS DANS L'ENTREPRISE », Office des Publications Universitaires, Alger, 2005
- TRACOL Pierre Claude, « LES CANAUX DE DISTRIBUTION », Editions DUNOD, Paris, 1972.
- VANDERCAMMEN Marc et JOSPIN-PERNET Nelly, « LA DISTRIBUTION », De Boeck Université (3eme édition), Bruxelles, 2010
- VIZZAVONA Patrice, « GESTION FINANCIERE », 9eme édition, BERTI Editions, Paris, 2004

محمد سالم الصفدي , بحوث العمليات - تطبيق وخوارزميات , دار وائل للطباعة والنشر والتوزيع , الاردن , 1999

THESES

- ACHOUR BOUAKAZ Bachir, « L'OPTIMISATION DE LA FONCTION DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION CAS DE DISTRICT GPL ALGER », Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magistère Techniques Quantitatives Option Planification, Université d'Alger, 1986.
- CHERIF Nesr-Eddine, Mémoire DESS, L'Optimisation Des Fonctions De La Distribution Physique, Université Paris IX Dauphine, 1984.
- LABARTHE O., Modélisation et simulation orientées agents de chaînes logistiques dans un contexte de personnalisation de masse : Modèles et Cadre Méthodologique, Thèse de Doctorat en cotutelle : Informatique et Sciences de l'Administration, Université Laval Québec et Université Paul Cézanne Marseille, 2006
- VASSEROT J. P., « METHODES DE RESOLUTION ET D'OPTIMISATION POUR LES PROBLEMES DE TOURNEES », thèse de doctorat, Université de Paris VII, 1976

ARTICLES

- BEAMON B. M., Supply Chain design and analysis: Models and methods, International Journal of Production Economics, Vol. 55, No 3, 1998, pp : 281-294
- BESSID S. et autres, « ETUDE DES PROBLEMES D'APPLICATION DES METHODES SCIENTIFIQUES FORMELLES : CAS DE L'OPTIMISATION DES COUTS DE STOCKAGE ET DE TRANSPORT DANS LA CHAINE DE DISTRIBUTION », Conference Paper • May 2016, Conference: 9e édition du Colloque International LOGISTIQUE At: Berrechid – Casablanca – Maroc Volume: La logistique au service du développement économique, édité par C. Okar, F. Jawab et R. Chrouki, pp 380-398, ISBN : 978-9954-37-759-8
- DE WERRA Dominique, LIEBLING Thomas M. et HECHE Jean-François, Recherche opérationnelle pour ingénieurs - Presses polytechniques et universitaires romandes. 2003.
- EDDOUG K., SAÂD L. E., Optimisation conjointe des coûts de transport et de stock dans une chaîne logistique de distribution multi niveaux, Une

approche basée sur la simulation. Xème Conférence Internationale : Conception et Production Intégrées, Dec 2015

- KRAUTH E et al, “Performance Measurement and Control in Logistics Service Providing”. In 7th International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS’05, Miami - USA, 24 - 28 mai 2005
- MIN H. & ZHOU G., Supply Chain Modeling: past, present and futur, Computers and Industrial Engineering, Vol. 43, 2002, pp : 231-249
- NWAOGBE O. et OMOKE V, « COST MINIMISATION OF PRODUCT TRANSHIPMENT FOR PHYSICAL DISTRIBUTION MANAGEMENT », Article in Journal of Transport and Supply Chain Management • May 2013, DOI: 10.4102/jtscm.v7i1.94
- PANDA S., “Coordination and profit sharing in a supply chain through compensation on disposal cost”. International Journal of Operational Research, 2016
- STEENKAMP J.B.E. et TER HOFSTEDE F., “International market segmentation: issues and perspectives”. International Journal of Research in Marketing, 19.3 (2002)
- Stephanie Hurtubise, Claude Olivier, Ali Gharbi. 2004. « Planning tools for managing the supply chain ». Computers & Industrial Engineering. vol. 46, n° 4. p. 763-779.
- VOLLE P. et al, « LES BUSINESS MODELES DANS LA DISTRIBUTION », Revue française de gestion, Lavoisier Paris, 2008.

INTERNET GRAPHIE

- BP Statistical Review of world energy – full report, BP, July 2021
- includes data from FGE MENA gas service, IHS Markit Report
- Connaissance Des Énergies, « CDE », www.connaissancedesenergies.org
- Le Comité Professionnel Du Pétrole « CPDP », www.cpdp.org
- site web Ministère De L'énergie Et Des Mines
<https://www.energy.gov.dz/?rubrique=produits-petroliers#546>

- IFPEN (Institut français du pétrole) : acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement, <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/>
- <https://www.petroleumonline.com/>
- www.prixdubaril.com
- Eric SOPENA, Quelques Exemples de la Théorie des Graphes, avril 2004
- Eric SIGWARD, Introduction à la Théorie des Graphes, mars 2002.
- Secrétariat de la CNUCED d'après les données de l'Energy Information Administration du Gouvernement Américain
- Giraud et Boy de la tour, Géopolitique du Pétrole,
- www.mem-algeria.org
- www.pétrole.com
- www.gilco.inpg.fr/graphe
- ROADEF (www.roadef.org) : Société française de recherche opérationnelle et d'aide à la décision
- Statistiques du gouvernement des Etats-Unis (www.eia.doe.gov)
- Qu'est-ce qu'une réserve de pétrole ? (www.manicore.com)
- Comment se forme le pétrole ? (www.manicore.com)
- Un autre site sur la crise du pétrole à venir (www.oilcrisis.com)
- Site officiel de l'IPE (www.theipe.com)
- Site officiel de l'ASPO (www.peakoil.net)